I. **Unidad administrativa que clasifica:** Delegación Federal en el estado de Quintana Roo.

II. **Identificación del documento:** Se elabora la versión pública de la Manifestación de Impacto Ambiental, modalidad Particular, con número de bitácora **23/MP-0106/09/21**.

III. **Las partes o secciones clasificadas:** La parte concerniente a la CURP, el domicilio particular y el número de teléfono celular de persona fisica en páginas 6 y 7.

IV. **Fundamento legal y razones:** La clasificación de la información confidencial se realiza con fundamento en el artículo 116 primer párrafo de la Ley General de Transparencia de Acceso a la Información Pública y 113, fracción I de la Ley Federal de Transparencia de Acceso a la Información Pública. Artículos séptimo fracción III y Trigésimo octavo de los Lineamientos Generales en Materia de clasificación y desclasificación de la Información, así como para la elaboración de versiones públicas. Por tratarse de datos personales concernientes a una persona física identificada e identificable.

V. **Fecha, número e hipervínculo al acta de la sesión de Comité donde se aprobó la versión pública.**

ACTA-18-2021-SIPOT-3T-ART69, en la sesión celebrada el 15 de octubre de 2021.

http://dsiappsdev.semarnat.gob.mx/inai/XXXIX/2021/SIPOT/ACTA_18_2021_SIPOT_3T_ART.69.pdf

VI. **Firma de titular:**

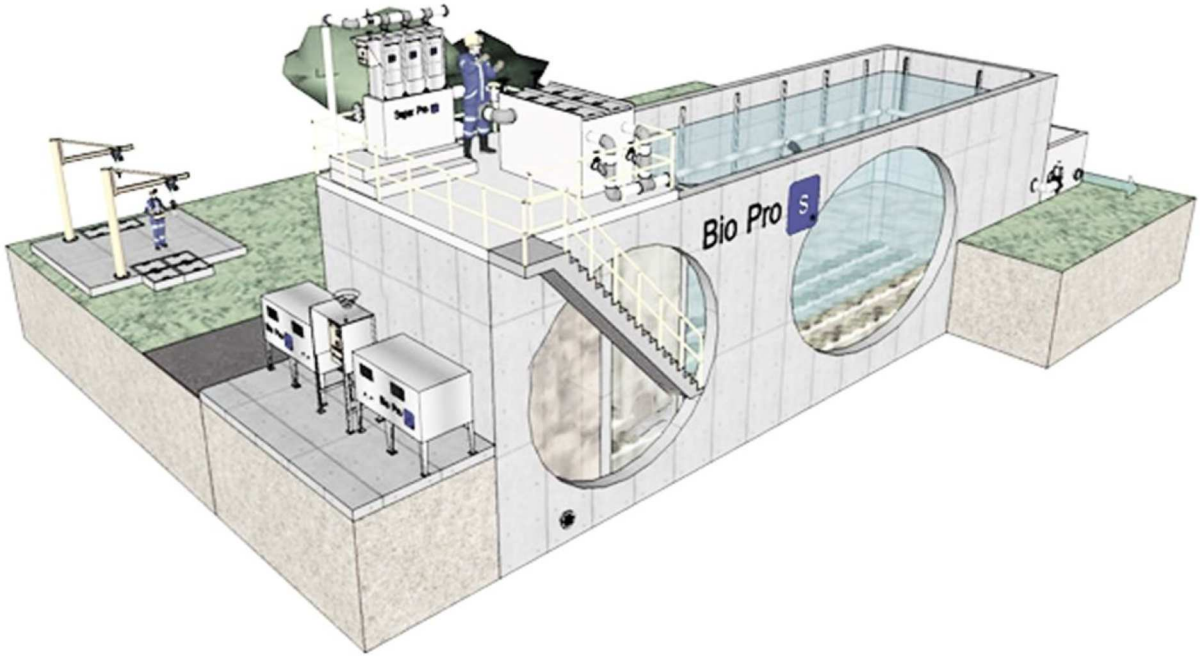
Lic. María Guadalupe Estrada Ramírez.

"Con fundamento en lo dispuesto por el artículo 39, en concordancia armónica e interpretativa Con los artículos 19 y 40, todos del Reglamento Interior de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales[1]; y de conformidad con los artículos 5, fracción XIV y 84 de ese mismo ordenamiento reglamentario, en suplencia por ausencia definitiva del Titular de la Oficina de Representación de la SEMARNAT en el estado de Quintana Roo, previa designación, firma la C. María Guadalupe Estrada Ramírez, Jefa de la Unidad Jurídica". *

***Oficio 00291 de fecha 12 de abril de 2021.**

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

MANIFESTACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL
MODALIDAD PARTICULAR



Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales y Ósmosis Inversa

IDEURBAN TECNOLOGÍAS, S.A. de C.V.

IDEURBAN TECNOLOGÍAS, S.A. de C.V.
Boulevard Kukulcán, Unidades Privativas 1 y 5, Zona Hotelera
CP 77500, Municipio de Benito Juárez, Cancún, Quintana Roo

Septiembre de 2021

ÍNDICE

I. DATOS GENERALES DEL PROYECTO, DEL PROMOVENTE Y DEL RESPONSABLE DEL ESTUDIO. 1

1. Datos generales del proyecto 1

1.1.- Nombre del proyecto. 1

1.2.- Estudio de Riesgo y su Modalidad 1

1.3.- Ubicación del proyecto 1

1.4.- Tiempo de vida útil del proyecto 2

1.5. Presentación de la documentación legal 2

2. Datos generales del promovente 2

2.1. Nombre o razón social 2

2.2. Registro Federal de contribuyentes del promovente 2

2.3. Nombre del representante legal. 2

2.4. CURP del representante legal. 2

2.5. Dirección del promovente o representante legal 2

3. Responsable de la elaboración del estudio de impacto ambiental 3

3.1. Nombre o razón social. 3

3.2. Registro Federal de Contribuyentes. 3

3.3. Nombre del representante legal. 3

3.4. Dirección 3

3.5. Nombre del responsable técnico del estudio. 3

3.6. Dirección del responsable técnico del estudio. 3

3.7. Cédula Profesional del responsable técnico. 3

II. DESCRIPCIÓN DE LAS OBRAS O ACTIVIDADES Y DE LOS PROGRAMAS O PLANES PARCIALES DE DESARROLLO. 4

1. Información General del proyecto 4

1.1.- Naturaleza del proyecto. 4

1.2.- Ubicación física del proyecto y planos de localización. 12

1.3.- Inversión requerida. 23

2. Características particulares del proyecto 24

2.1.- Equipos de potabilización por Ósmosis Inversa. 24

2.2.- Equipos de Tratamiento de aguas residuales. 35

2.3 Programa general de trabajo 38

2.4 Etapa de preparación del sitio 40

2.5 Etapa de construcción del proyecto 41

2.6 Etapa de instalación y operación 53

2.8 Etapa de abandono del sitio 84

2.9 Materiales y Sustancias que serán utilizadas....84
2.10 Requerimientos de mano de obra....86
2.11 Maquinaria y equipo requerido....87
2.12 Generación, manejo y disposición de residuos sólidos, líquidos y emisiones a la atmósfera....88
III. VINCULACIÓN CON LOS INSTRUMENTOS DE PLANEACIÓN Y ORDENAMIENTOS JURÍDICOS APLICABLES EN MATERIA AMBIENTAL.... 94
1 Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos....94
1.1. Artículo 4....94
1.2. Artículo 25....94
1.3. Artículo 27....94
2 Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA)....95
2.1. Capítulo II. Distribución de Competencias....95
3 Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en Materia de Evaluación de Impacto Ambiental....99
3.1. Capítulo II. De las obras o actividades que requieran autorización en materia de Impacto Ambiental y de las excepciones....99
3.2. Capítulo III. Del procedimiento para la Evaluación del Impacto Ambiental....99
4 Ley General de Vida Silvestre....101
5 Ley de Aguas Nacionales y su Reglamento....108
6 Programa Municipal de Desarrollo Urbano de Benito Juárez, Quintana Roo 2018-2030....110
7 Programa de Ordenamiento Ecológico Local del Municipio Benito Juárez....114
7.1. Criterios Ecológicos de Aplicación General....115
7.2. Criterios Ecológicos de Carácter Específico....125
8 Áreas Naturales Protegidas....139
8.1. Área de protección de flora y fauna Manglares de Nichupté....139
8.2. Parque Nacional Costa Occidental de Isla Mujeres, Punta Cancún y Punta Nizuc....141
8.3. Sitios Ramsar....142
8.4. Áreas de Importancia para la Conservación de las Aves (AICAS)....144
9 Normas oficiales mexicanas....148
9.1. NOM-001-SEMARNAT-1996....148
9.2. NOM-003-ECOL-1997....149
9.3. NOM-004-SEMARNAT-2002....151
9.4. NOM-127-SSA1-1994....155
9.5. NOM-022-SEMARNAT-2003....157
IV. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA AMBIENTAL Y SEÑALAMIENTO DE LA PROBLEMÁTICA AMBIENTAL DETECTADA EN EL ÁREA DE INFLUENCIA DEL PROYECTO. INVENTARIO AMBIENTAL.... 175
1.- Delimitación del Sistema Ambiental....175
1.1. Caracterización de la Zona Urbana de Cancún (UGA 21....178

1.2. Caracterización del Sistema Lagunar Nichupté (UGAs 24 y 25) 182
2.- Caracterización Abiótica del Sistema Ambiental 193
2.1. Clima 193
2.2. Geomorfología 199
2.3. Edafología 201
2.4. Hidrología 204
2.5. Sistemas hidrometeorológicos 206
3.- Caracterización Biótica del predio del proyecto 212
3.1. Vegetación nativa 212
3.2. Fauna nativa 215
4.- Paisaje 216
5.- Medio Socioeconómico 219
6.- Diagnóstico Ambiental 229
6.1. Integración e interpretación del inventario ambiental 229
6.2. Conclusiones 230
V. IDENTIFICACIÓN, DESCRIPCIÓN Y EVALUACIÓN DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES 232
1.- Metodología para identificar y evaluar los impactos ambientales 232
1.1. Componentes ambientales e indicadores de impacto 234
1.2. Lista indicativa de indicadores de impacto 234
1.3. Criterios y metodología de evaluación 235
1.4. Conclusiones del análisis de Impacto Ambiental 249
VI. MEDIDAS PREVENTIVAS Y DE MITIGACIÓN DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES 251
1. Descripción de la medida o programa de medidas de mitigación o correctivas por componente ambiental 251
1.1. Medio físico 251
1.2. Medio Biológico 256
1.3. Medio Socioeconómico 258
2. Impactos residuales 260
VII. PRONÓSTICOS AMBIENTALES Y EN SU CASO, EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS 261
1. Pronóstico del escenario 261
1.1. Pronostico del escenario sin el proyecto 261
1.2. Pronostico del escenario con el proyecto y sus medidas propuestas 262
2. Conclusiones 263
VIII. LITERATURA CONSULTADA 265

I. DATOS GENERALES DEL PROYECTO, DEL PROMOVENTE Y DEL RESPONSABLE DEL ESTUDIO.

1. DATOS GENERALES DEL PROYECTO

1.1.- NOMBRE DEL PROYECTO.

Plantas de tratamiento de aguas residuales y ósmosis inversa.

1.2.- ESTUDIO DE RIESGO Y SU MODALIDAD

Por su naturaleza, el proyecto no lo requiere.

1.3.- UBICACIÓN DEL PROYECTO

El predio de 223,558.56 m^2, se localiza en la Unidades Privativas 1 y 5, sobre el Boulevard Kukulcán, en la Segunda Etapa, Zona Hotelera de la Ciudad de Cancún, Municipio de Benito Juárez, que se ubica en la costa norte del estado de Quintana Roo.

Macrolocalización del predio que se pretende desarrollar. El proyecto se desplanta en las márgenes del Sistema Lagunar Nichupté, en la Zona Hotelera de Cancún, Municipio de Benito Juárez, Estado de Quintana Roo.

1.4.- Tiempo de vida útil del proyecto

El tiempo de vida útil del proyecto es de 25 años, considerando un adecuado mantenimiento. Este periodo de tiempo podrá extenderse por tiempo indefinido, si se realiza un programa permanente de mantenimiento preventivo.

1.5. Presentación de la documentación legal

Todos los elementos de documentación legal del presente Manifiesto de Impacto Ambiental, se presentan en la primera sección de los anexos que acompañan al presente.

2. Datos generales del promovente

2.1. Nombre o razón social

IDEURBAN TECNOLOGÍAS, S.A. de C.V.

2.2. Registro Federal de contribuyentes del promovente

ITE1105125U5

2.3. Nombre del representante legal.

Charles Azar Serur

2.4. CURP del representante legal.

[redacted]

2.5. Dirección del promovente o representante legal

[redacted]

Tel/fax [redacted]

3. RESPONSABLE DE LA ELABORACIÓN DEL ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL

3.1. NOMBRE O RAZÓN SOCIAL.

Arquitectura, Construcción y Diseño

3.2. REGISTRO FEDERAL DE CONTRIBUYENTES.

[redacted]

3.3. NOMBRE DEL REPRESENTANTE LEGAL.

Arq. Lauro Trejo Pérez

3.4. DIRECCIÓN

[redacted]
C. P. [redacted], Tel/fax [redacted]

3.5. NOMBRE DEL RESPONSABLE TÉCNICO DEL ESTUDIO.

Biol. Miguel Navarro Mendoza

3.6. DIRECCIÓN DEL RESPONSABLE TÉCNICO DEL ESTUDIO.

[redacted]
C. P. [redacted], Tel/fax [redacted]

3.7. CÉDULA PROFESIONAL DEL RESPONSABLE TÉCNICO.

Cédula Profesional 929506.

II. DESCRIPCIÓN DE LAS OBRAS O ACTIVIDADES Y DE LOS PROGRAMAS O PLANES PARCIALES DE DESARROLLO.

1. INFORMACIÓN GENERAL DEL PROYECTO

1.1.- NATURALEZA DEL PROYECTO.

Sector: Turismo.

Subsector: Turístico.

Tipo de Proyecto: Turístico.

Con el objeto de implementar medidas que fortalezcan la sustentabilidad del Proyecto autorizado mediante bitácora 23QR2018TD152), actualmente en construcción, y hacerlo autosuficiente específicamente en cuanto a la dotación de agua potable mediante plantas de ósmosis inversa, y respecto al tratamiento de las aguas servidas con la instalación de plantas de tratamiento de aguas residuales, con capacidad sobrada considerando al proyecto en su máxima ocupación, el promovente propone y somete a evaluación de esa H. Autoridad la presente Manifestación de Impacto Ambiental del proyecto de "Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales y Ósmosis Inversa".

Aunado a lo anterior y como parte de la decisión de instalar estos equipos de generación de agua potable, se ha tomado en cuenta lo expresado en las Reglas de aplicación del beneficio fiscal en materia de la exención del pago del derecho por la explotación, uso o aprovechamiento de aguas salobres:

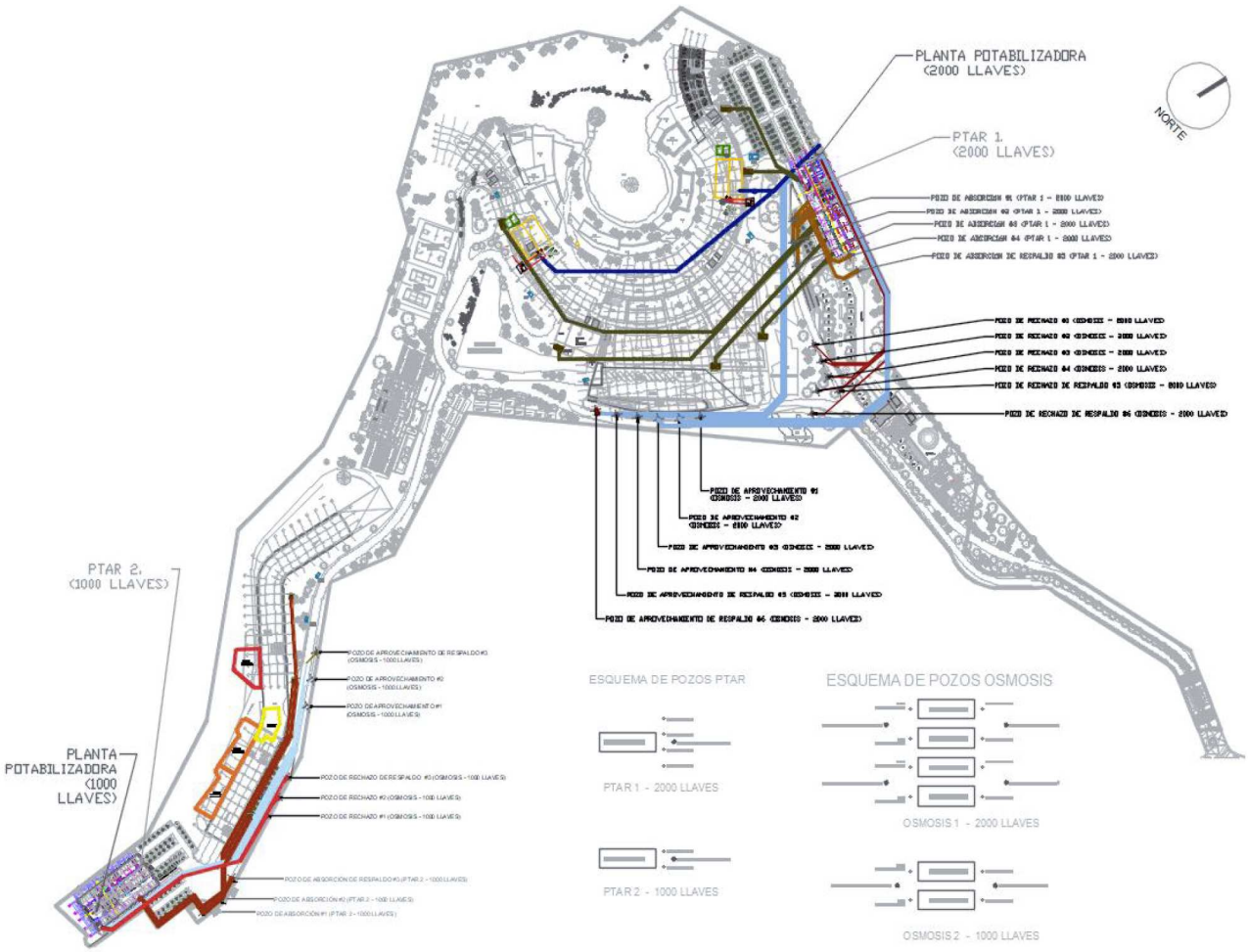
"…Que el beneficio fiscal previsto en la Ley Federal de Derechos en su Artículo 224 fracción VI, tiene por objeto que ***los usuarios tengan interés en usar aguas salobres para liberar volúmenes de mejor calidad*** *o brindar una alternativa a los usuarios que por necesidad no disponen de otra fuente de abastecimiento****, teniendo como principal efecto positivo un aumento de la disponibilidad de agua de primer uso****, y que* ***resulta de gran importancia mejorar la regulación en la gestión de las aguas salobres, con el objeto de incentivar su utilización en sustitución de las aguas dulces del país****, bajo el principio de protección y conservación del recurso encaminado a su explotación, uso y aprovechamiento racional sin implicaciones ambientales…"*

Por último, con base a lo señalado por el Artículo 28 de la LGEEPA y el 5° inciso A, Fracción XII de su Reglamento, se tiene que es necesario la presentación de una Manifestación de Impacto Ambiental cuando se solicite concesión de aprovechamiento de aguas subterráneas en los siguientes casos:

a) Para el uso agrícola con más de 100 hectáreas.
b) Para uso acuícola.

c) ***Para el uso del agua con fines de desalinización***. Ya sea si requiere quitar la sal del agua del mar o de las aguas salobres, para hacerlas potables o útiles para otros fines.

Con base en lo anterior, el presente proyecto que se presenta para su valoración en materia de impacto ambiental, consiste en la dotación de los equipos de potabilización de agua y el tratamiento de las aguas servidas del proyecto autorizado mediante bitácora 23QR2018TD152, considerando la totalidad de los 3 mil cuartos y sus áreas recreativas, áreas comunes, albercas, amenidades y áreas de servicio.



La imagen muestra el plano de conjunto del proyecto autorizado en materia de impacto ambiental mediante bitácora 23QR2018TD152. Sobre este proyecto se sobreponen las instalaciones hidráulicas de las plantas de tratamiento de aguas residuales y las plantas de potabilización de agua por el método de ósmosis inversa, incluyendo los diferentes tipos de pozos de aprovechamiento, de rechazo y de absorción, así como las cisternas y otros elementos hidráulicos.

1.1.1. Equipos de potabilización por Ósmosis Inversa.

Aunque la ósmosis había sido descubierta y estudiada ya en 1850, fue hasta 1960 en que se comenzó a utilizar como fenómeno fisicoquímico para aplicarla en los procesos de desalinización de agua. La filtración por membrana fue abordada como un proceso futurista, costoso y complejo por un largo tiempo. Sin embargo, en las últimas décadas este proceso se ha desarrollado como una técnica desarrollada y confiable, la cual es muy útil para la purificación (potabilización) de agua.

Cuando tratamos con un sistema que consta de dos fluidos que son separados por una membrana semipermeable (permeable no solo para sales) y adherimos sal a un lado del sistema, el agua pura empieza a fluir a través de la membrana. Este flujo continuará hasta que la presión sea igual en ambos lados de la membrana. Luego, el nivel de agua será más alto donde la sal fue adherida. La diferencia en el nivel de agua, causada por la adición de una cantidad específica de sal, es llamada presión osmótica. La presión osmótica del agua de mar es alrededor de 26 bar.

Para entender este método de "ósmosis Inversa", se puede explicar de la siguiente manera: Para desalinizar agua, se debe crear un flujo a través de una membrana, causando que el agua deje el lado salado de la membrana, fluyendo hacia el lado sin sal. Para lograr esto, la presión debe ser creada sobre la columna de agua en el lado salado de la membrana; en primer lugar, para eliminar la presión osmótica natural y, en segundo lugar, para crear presión extra sobre la columna de agua, y así empujar el agua a través de la membrana. Para la desalinización de agua de mar, la presión debe estar cerca de 50 a 60 bar.

La ósmosis Inversa es el proceso más económico para la desalinización de agua salobre y agua de mar. Cuando se compara este método con el proceso de destilación térmica tradicional, se evidencia que la inversión de capital y el uso de energía son mucho más bajos.

Lo equipos que se han seleccionado para realizar el trabajo de potabilización de agua serán proporcionados por la empresa **Systems of water purification, S.A. de C.V. México**. Se trata de la instalación de **dos plantas de potabilización de agua por filtración y ósmosis inversa. Una planta con cuatro módulos de 750 MCD@36000PPM** (metros cúbicos diarios de agua con concentración de sales de 36 mil partes por mil) para 2,000 habitaciones y **la segunda con dos módulos de 750 MCD@36000PPM** para dar servicio a 1,000 habitaciones.

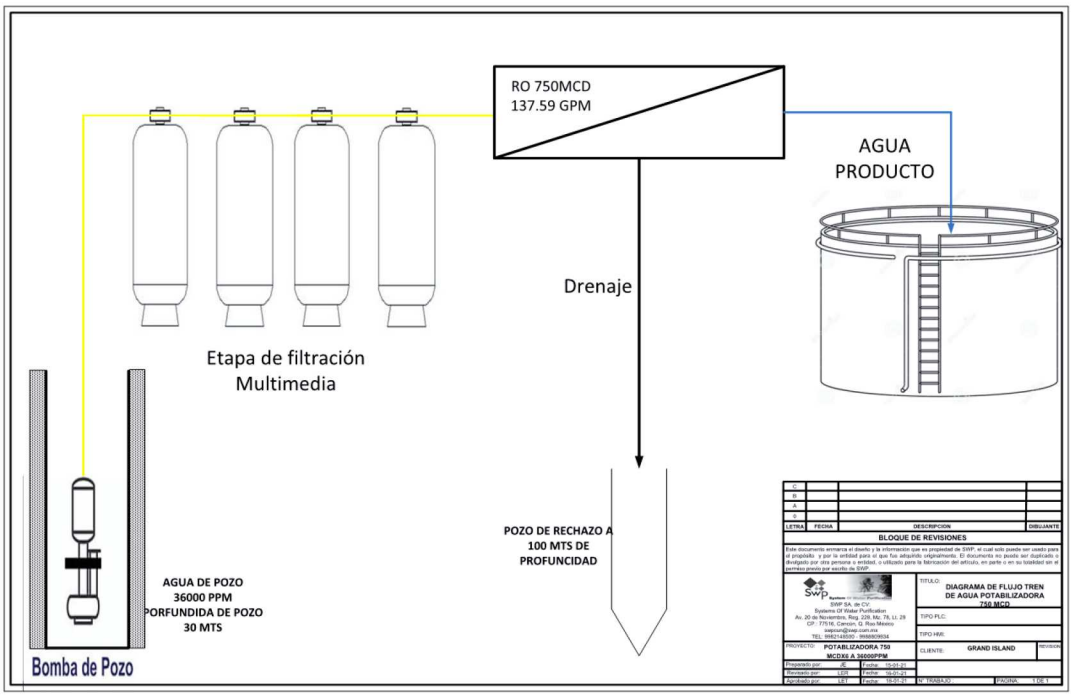


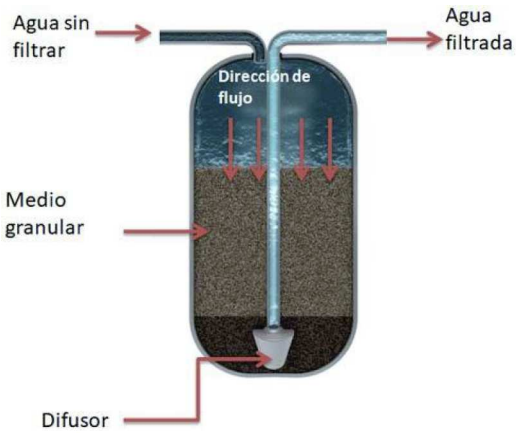
Diagrama de flujo del tren de agua del módulo de potabilización de agua por filtración y ósmosis inversa de 750 MCD@36000PPM (metros cúbicos diarios de agua con concentración de sales de 36 mil partes por mil).

Cada módulo de potabilización de agua por filtración y ósmosis inversa 750 MCD, comprende los siguientes elementos:

1.- **Bombeo de elevación de agua cruda para el pretratamiento.** Bombeo de elevación para elevar la presión de agua del sistema de almacenamiento de agua cruda y entregarla al pretratamiento a la presión y volumen requerido, para lo cual se requieren los siguientes componentes: el flujo será de 345 GPM (galones por minuto); Operación: Automática desde RO Tipo: GRUNDFOS sumergible; Caja eléctrica en pozo con manómetro de Presión de 70 PSI, con una válvula Check de 4" de PVC CD 80; la plomería deberá estar realizada con tubería de 4" de PVC CD 80; Carcasa Inoxidable 316 Marca GRUNDFOS o similar; Motor de 25 HP y 440 volts.

2.- **Filtración Multimedia.** El sistema de filtración multimedia es usado para filtrar arena y sedimentos (turbidez) hasta aproximadamente 20-30 micrones. Las medidas tanque son de 48 x 72; Conexiones de 3"; Cantidad de tanques 4, con un flujo de 345 GPM; Cantidad de filtrantes 5; Secuencia Automática; Contenido de la filtración: son medios granulares que se usan en filtros de lecho profundo entre los

cuales se encuentran los siguientes: Grava, arena sílica, antracita y granate (*garnet* en inglés); a este último también se le conoce como arena de alta densidad.



3.- **Sistema de bomba de dosificación.** Es el sistema requerido para bombear y dosificar automáticamente el agua de alimentación del pretratamiento o el agua producto de la planta de osmosis inversa. Marca: GRUNDFOS o similar Modelo: DMS series, con un flujo de 0.63 GPH; Carcasa de polipropileno/ PVDF; Controles: Stoke Length y percentage rate; Aplicación: Pre "SMBS" (metabisulfito de sodio $Na_2S_2O_5$), pre antiincrustante, post ceniza de soda (los antiincrustantes se utilizan principalmente como pretratamiento que normalmente se realiza después de la filtración en medios granulares, ya sea antes o después de la filtración con cartucho), y post cloración.

4.- **Cuatro tanques de almacenamiento de químicos de 50 gal**.

5.- **Dos mezcladores individuales motorizados.**

6.- **Seis controles individuales de bajo nivel**

7.- **Sistema automático de ósmosis inversa.** Basado en agua cruda de 36,000 PPM a una temperatura de 25° Celsius; con un flujo de agua cruda de 345 GPM; un flujo de Rechazo de 207 GPM; un flujo de producto igual a 198,150 GPD (750 MCD/ 138 GPM); con una recuperación de 40 %; Presión de alimentación igual a 60 PSI; Calidad de agua producto será ≤ 400 PPM/TDS.

8.- **Plomería de interconexión del sistema**. Toda la plomería será instalada por el proveedor para completar las interconexiones entre los componentes arriba mencionados. La distancia permitida entre componentes no puede estar más de 6 metros (20 pies). Toda la plomería para las conexiones de agua cruda, rechazo y producto, debe construirse a cero metros.

9.- **Electricidad y ductos de interconexión del sistema**. El Proveedor será el responsable de entregar todo el cableado y ductos eléctricos para completar las interconexiones entre los componentes mencionados. La distancia permitida entre componentes no puede estar más de 6 metros (20 pies).

Todas las conexiones del cableado y ductos de electricidad hasta todos los paneles principales de electricidad deben encontrarse a cero metros.

10.- **Tablero de Control y Fuerza a presión constante para 3 pozos de aprovechamiento para mil habitaciones**. Incluye gabinete, PLC Mitsubishi FX 5U, pantalla HMI de 10", transformador de 220/110 V, 4 Transductores de presión, 3 VFD de 25 HP, 440 V, 3 F, 60 Hz. 3 bombas sumergibles, materiales hidráulicos en PVC ced 80 hasta superficie de pozo, válvulas, manómetro, válvula de seguridad. Manifold de distribución de 8" en PVC Ced 40 para 3 pozos de aprovechamiento.

11.- **Tablero de Control y Fuerza a presión constante para 5 pozos de aprovechamiento para dos mil habitaciones**. Incluye gabinete, PLC Mitsubishi FX 5U, pantalla HMI de 10", transformador de 220/110 V, 4 Transductores de presión, 3 VFD de 25 HP, 440 V, 3 F, 60 Hz. 5 bombas sumergibles, materiales hidráulicos en PVC ced 80 hasta superficie de pozo, válvulas, manómetro, válvula de seguridad. Manifold de distribución de 8" en PVC Ced 40 para 5 pozos de aprovechamiento.

1.1.2. Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales.

Para atender las necesidades del hotel, se han propuesto **dos plantas de tratamiento de aguas residuales** de los dos cuerpos del hotel que suman 3,000 habitaciones, así como un centro de convenciones, Village, Bares y Restaurantes, albercas y áreas verdes, con una capacidad sobrada para atender los requerimientos de tratamiento a máxima ocupación del hotel.

Estas plantas de tratamiento de aguas residuales, de la marca "**H_2O Inter Pro France**" han sido diseñadas para cumplir con las siguientes características:

- Alcanzar los objetivos internacionales de tratamiento más estrictos.
- Reducir el consumo energético y de combustibles.
- Integrar equipos y materiales industriales robustos y resistentes a la corrosión.
- Mitigar olores y ruidos.
- Facilitar la integración.
- Automatizar y simplificar la operación.
- Reutizar aguas tratadas libres de riesgo sanitario.
- Controlar a distancia los órganos claves de operación.

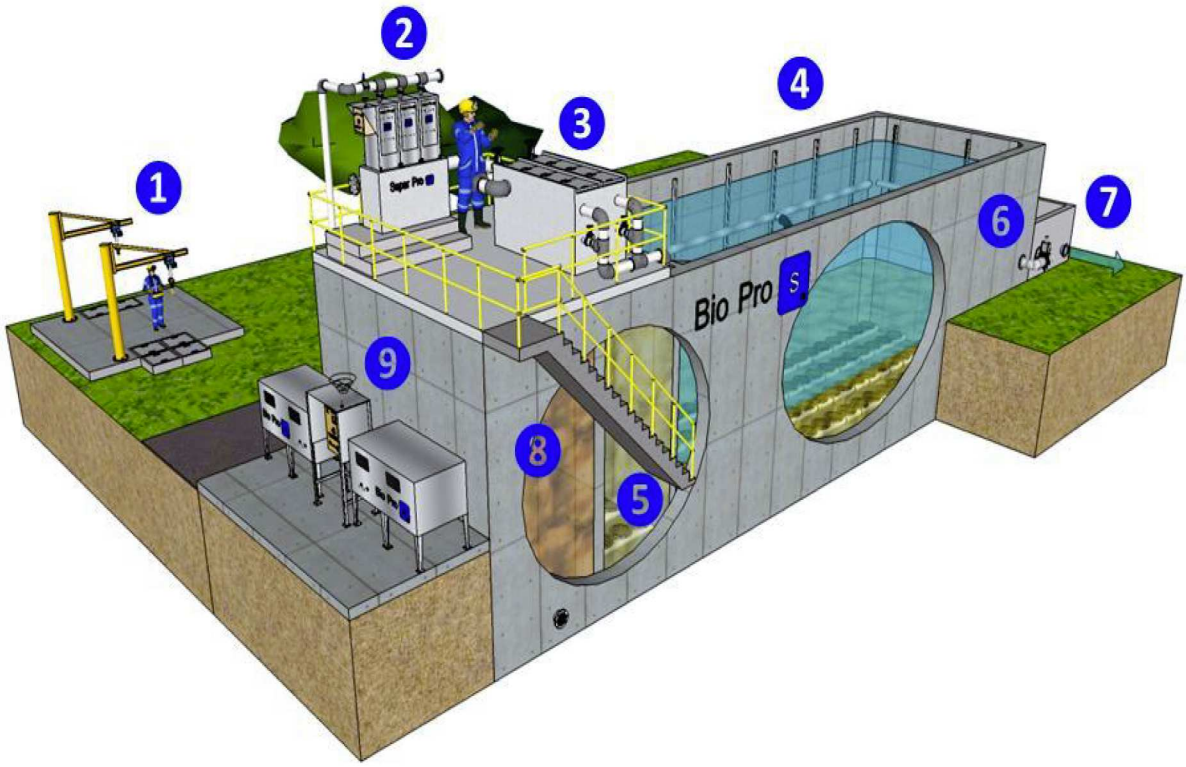
Los objetivos internacionales de calidad que debe cumplir un equipo de esta naturaleza, depende de la normatividad de cada país, buscando siempre alcanzar la expectativa máxima de cumplimiento para cada proyecto elaborado para una necesidad específica. Para el caso de México se cuenta con la Norma Oficial Mexicana NOM-003-ECOL-1997, que establece los límites máximos permisibles de contaminantes para las aguas residuales tratadas que se reúsen en servicios al público.

Esta norma establece que los contaminantes básicos son aquellos compuestos o parámetros que pueden ser removidos o estabilizados mediante procesos convencionales. En lo que corresponde a esta Norma Oficial Mexicana sólo se consideran los siguientes: grasas y aceites, materia flotante, demanda bioquímica de oxígeno 5 y sólidos suspendidos totales.

También se tiene en nuestro marco legal sobre el tema, la Norma Oficial Mexicana NOM-001-SEMARNAT-1996, que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales,

así como en aguas y bienes nacionales. El párrafo de objetivo y campo de aplicación indica que esta norma establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en aguas y bienes nacionales, con el objeto de proteger su calidad y posibilitar sus usos, y es de observancia obligatoria para los responsables de dichas descargas.

Los equipos seleccionados cumplen sobradamente con los parámetros establecidos en estas dos normas oficiales. Por otro lado, estos equipos tienen un bajo consumo energético. La tecnología de tratamiento secuencial de agua residual **no requiere un bombeo de recirculación continua** de los lodos, y el agua tratada es evacuada por gravedad. Los motores son de alta eficiencia energética (Clase EFF1 Siemens) y son controlados por arrancadores suaves. Cuentan con una configuración de ahorro energético que se adapta al flujo de descarga real del proyecto.

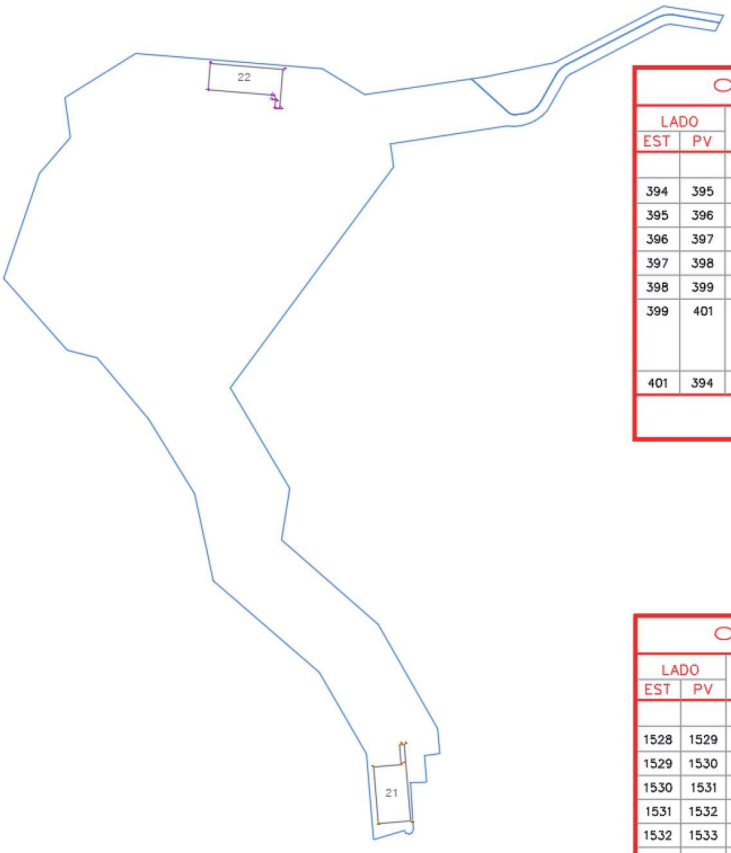


Esta imagen muestra los componentes que conforman la planta de tratamiento de aguas residuales elegida. Cuenta con un tanque de regulación/homogeneización, equipado de rejillas de cribado grueso (1) colecta las aguas brutas del proyecto. El agua residual es bombeada hacia el cribado fino Separ Pro P ® (2) y canales de desarenado (3) herméticos. El tratamiento biológico secuencial (4) alterna las fases de tratamiento, decantación y evacuación. Colectores internos y una válvula motorizada (6) facilitan la evacuación del agua clarificada. La desinfección procede en un tanque de contacto previamente a la descarga o a la reutilización del agua residual tratada. El exceso de lodos se estabiliza y se espesa en condiciones aeróbicas (8).

1.2.- UBICACIÓN FÍSICA DEL PROYECTO Y PLANOS DE LOCALIZACIÓN.

El área donde actualmente se construye el proyecto autorizado mediante bitácora 23QR2018TD152, se integra por dos lotes: 56-A-1 de 5,982.111 m^2 y 56-A-2 con una superficie de 217,576.457 m^2, con un total de 223,558.568 m^2, mismos que se localizan sobre el Boulevard Kukulcán, a la altura del Km 16.5, en la Supermanzana A-2 "A" Segunda Etapa, en la Zona Hotelera de la Ciudad de Cancún, Municipio de Benito Juárez, Quintana Roo.

Dentro de este terreno se han seleccionado dos áreas para la ubicación de las plantas de tratamiento de aguas residuales y de potabilización de agua por ósmosis inversa. En la siguiente imagen se presenta la poligonal del terreno y la ubicación física de estas dos superficies, así como los cuadros de construcción de las mismas.



22

CUADRO DE CONSTRUCCION

LADO EST	LADO PV	RUMBO	DISTANCIA	V	COORDENADAS Y	COORDENADAS X
				394	2,330,133.4568	522,375.5666
394	395	S 85°19'49.46" E	6.000	395	2,330,132.9683	522,381.5467
395	396	N 04°40'10.54" E	48.900	396	2,330,181.7060	522,385.5276
396	397	N 85°19'51.62" W	91.101	397	2,330,189.1215	522,294.7293
397	398	S 04°40'08.38" W	33.099	398	2,330,156.1323	522,292.0350
398	399	S 85°19'49.46" E	79.600	399	2,330,149.6521	522,371.3710
399	401	S 40°19'50.78" E CENTRO DE CURVA DELTA = 89°59'57.36" RADIO = 5.500	7.778 LONG. CURVA = 8.639 SUB.TAN.= 5.500	401 400	2,330,143.7227 2,330,144.1704	522,376.4050 522,370.9232
401	394	S 04°40'07.90" W	10.300	394	2,330,133.4568	522,375.5666

SUPERFICIE = 3,116.676 m2

21

CUADRO DE CONSTRUCCION

LADO EST	LADO PV	RUMBO	DISTANCIA	V	COORDENADAS Y	COORDENADAS X
				1528	2,329,237.1628	522,504.9999
1528	1529	N 04°45'14.78" W	71.100	1529	2,329,308.0182	522,499.1071
1529	1530	N 85°14'45.44" E	34.600	1530	2,329,310.8858	522,533.5881
1530	1531	N 04°45'14.78" W	24.900	1531	2,329,335.7002	522,531.5244
1531	1532	N 85°14'45.22" E	6.000	1532	2,329,336.1974	522,537.5038
1532	1533	S 04°45'14.78" E	96.000	1533	2,329,240.5277	522,545.4602
1533	1528	S 85°14'45.22" W	40.600	1528	2,329,237.1628	522,504.9999

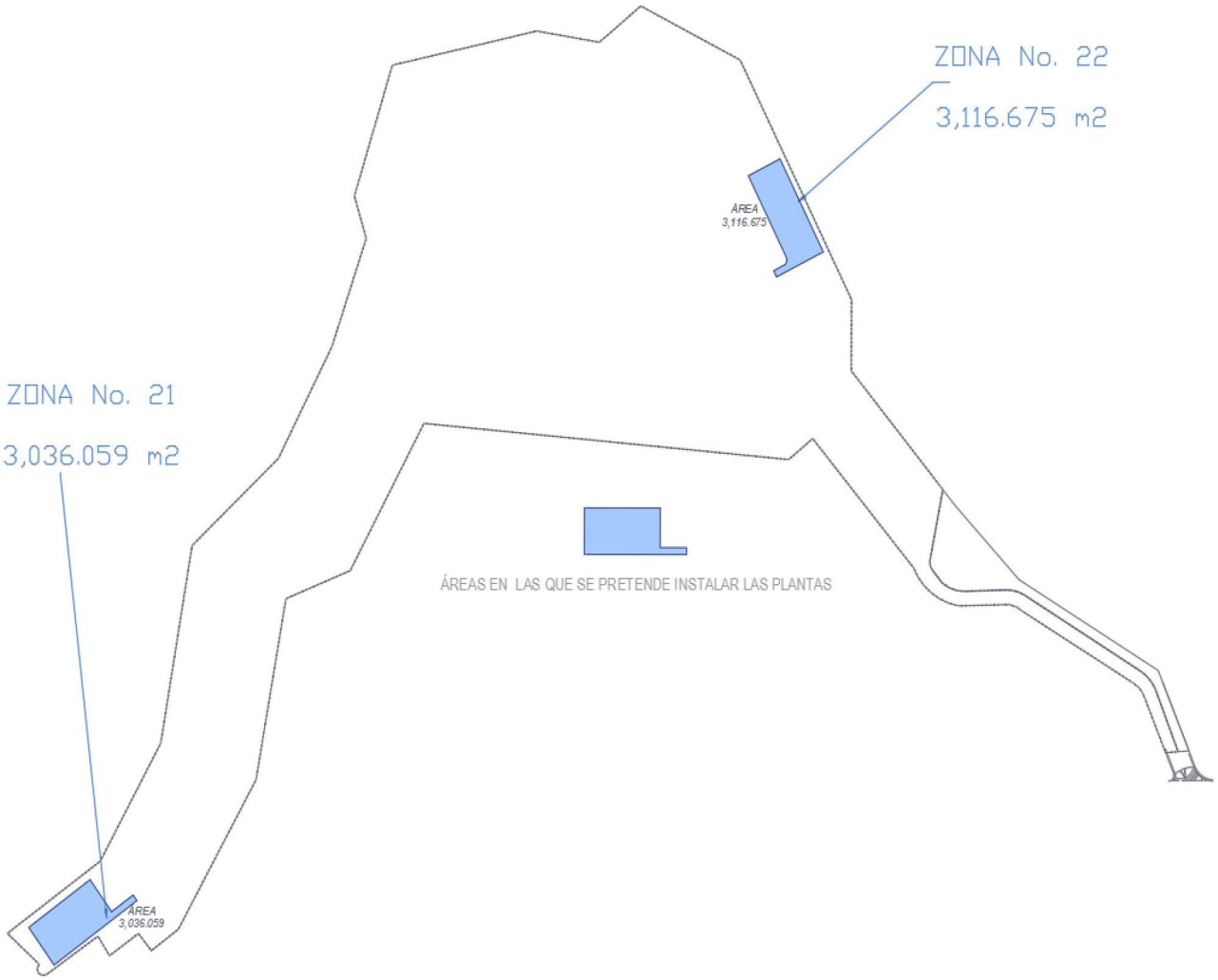
SUPERFICIE = 3,036.059 m2

En cada uno de estos dos polígonos se instalará una planta de tratamiento de aguas residuales y una planta potabilizadora mediante el método de ósmosis inversa.

Esta imagen muestra uno de los dos polígonos (zona No. 22) anteriormente indicados, en el que se aprecia la localización de una planta de tratamiento de aguas residuales (superficie denotada en color crema) y una planta potabilizadora mediante ósmosis inversa (denotada en color verde)

Como se puede apreciar en el siguiente plano, las superficies que se solicita para la integración de las plantas al proyecto, es de 6,152.734 m^2 en total, lo cual representa apenas el 2.7% de la superficie total del predio. Sin embargo, es pertinente hacer dos consideraciones importantes acerca de estas superficies.

En primer lugar, la obra civil que se requiere construir para la instalación de los equipos de tratamiento de las aguas negras, no supone la afectación de áreas adicionales a las ya evaluadas en materia de impacto ambiental, mismas que ya han sido autorizadas mediante el oficio resolutivo 04/SGA/1430/19 03096 de fecha 19 de junio de 2019.



Poligonal del predio del proyecto, en el que se denotan con un polígono azul las dos áreas en las que se propone la localización de las plantas de tratamiento de aguas residuales y de ósmosis inversa. Su emplazamiento no afectara superficies adicionales a las ya autorizadas en materia de impacto ambiental para el desarrollo del hotel y consisten en las áreas de servicios recién autorizadas.

Con el uso de estas áreas de servicios recientemente autorizadas, no se presentan cambios en las áreas permeables del predio, cumpliendo así con el mínimo establecido por la Ley del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente del Estado de Quintana Roo, que en su artículo 132 indica que "*Para la recarga de los mantos acuíferos, en las superficies de predios que se pretendan utilizar para obras e instalaciones, se deberá permitir la filtración de aguas pluviales al suelo y subsuelo. Por tal motivo, las personas físicas o morales quedan obligadas a proporcionar un porcentaje del terreno a construir, preferentemente como área verde, lo que en su caso siempre será permeable*".

De acuerdo a lo indicado en el párrafo anterior, en los predios con un área menor de 100 metros cuadrados, deberán proporcionar como área verde el 10% como mínimo; en predios con superficie mayor de 101 a 500 metros cuadrados, como mínimo el 20%; en predios cuya superficie sea de 501 a 3,000 metros cuadrados, como mínimo el 30%, y predios cuya superficie sea de 3,001 metros cuadrados en adelante, proporcionarán como área verde el 40% como mínimo".

Estos dos polígonos para la instalación de las plantas, ya han sido autorizados previamente como áreas de servicios (se anexa el oficio correspondiente), por lo que su instalación no requerirá de la afectación de áreas permeables adicionales a las ya autorizadas. En la siguiente tabla se aprecian las áreas permeables del proyecto autorizado en la MIA de 2019 y de las áreas permeables ya con las áreas de servicios autorizadas en las que se realizará la instalación de las plantas objeto del presente manifiesto de impacto ambiental.

AUTORIZADO EN LA MIA 2019

RESUMEN AREAS PERMEABLES **MIA**		% DE ÁREAS PERMEABLES
ÁREA	**SUPERFICIE (m^2)**	
1	19.668	
2	37.322	
3	37.322	
4	10.904	
5	2,502.00	
6	85,343.660	
7	1,052.92	
8	6,353.40	
9	274.934	
10	824.571	
11	220.723	
12	864.147	
13	168.216	
14	9,599.20	
15	283.529	
-14a (negativo)	962.865	
TOTAL	**106,629.66**	47.70%

ÁREAS PERMEABLES DEL PREDIO INCLUYENDO LAS PLANTAS

RESUMEN AREAS PERMEABLES Y PTAR		OBSERVACIONES	% DE ÁREAS PERMEABLES
ÁREA	**(m^2)**		
1	19.668	SE CONSERVA	
2	37.322	SE CONSERVA	
3	37.322	SE CONSERVA	
4	10.904	SE CONSERVA	
5	2,502.00	SE CONSERVA	
6	77,714.721	SE REDUCE Y GENERA UN "AREA 16"	
7	1,052.92	SE CONSERVA	
8	6,353.40	SE CONSERVA	
9	274.934	SE CONSERVA	
10	824.571	SE CONSERVA	
11	220.723	SE CONSERVA	
12	864.147	SE CONSERVA	
13	168.216	SE CONSERVA	
14	9,599.20	SE CONSERVA	
15	283.529	SE CONSERVA	
16	1,476.205	AREA QUE PERTENECIA AL AREA 6 Y AHORA ES INDEPENDIENTE	
-14a (negativo)	962.865	SE CONSERVA	
-6a (negativo)	3,036.059	SEGUNDA SUPERFICIE QUE REDUCE	
TOTAL	**97,440.87**		43.586%

Como se puede observar de las tablas anteriores, la instalación de las plantas de tratamiento de aguas residuales y de ósmosis inversa que se colocarán en las nuevas áreas de servicios, siguen cumpliendo con lo establecido en el artículo 132 de la LEEPAQROO, ya que el predio donde se desarrolla el hotel y las plantas de tratamiento, presenta una superficie de áreas permeables de 97,440.87 metros cuadrados, equivalentes al 43.586 % de la superficie total del terreno, superando el mínimo exigido del 40 %.

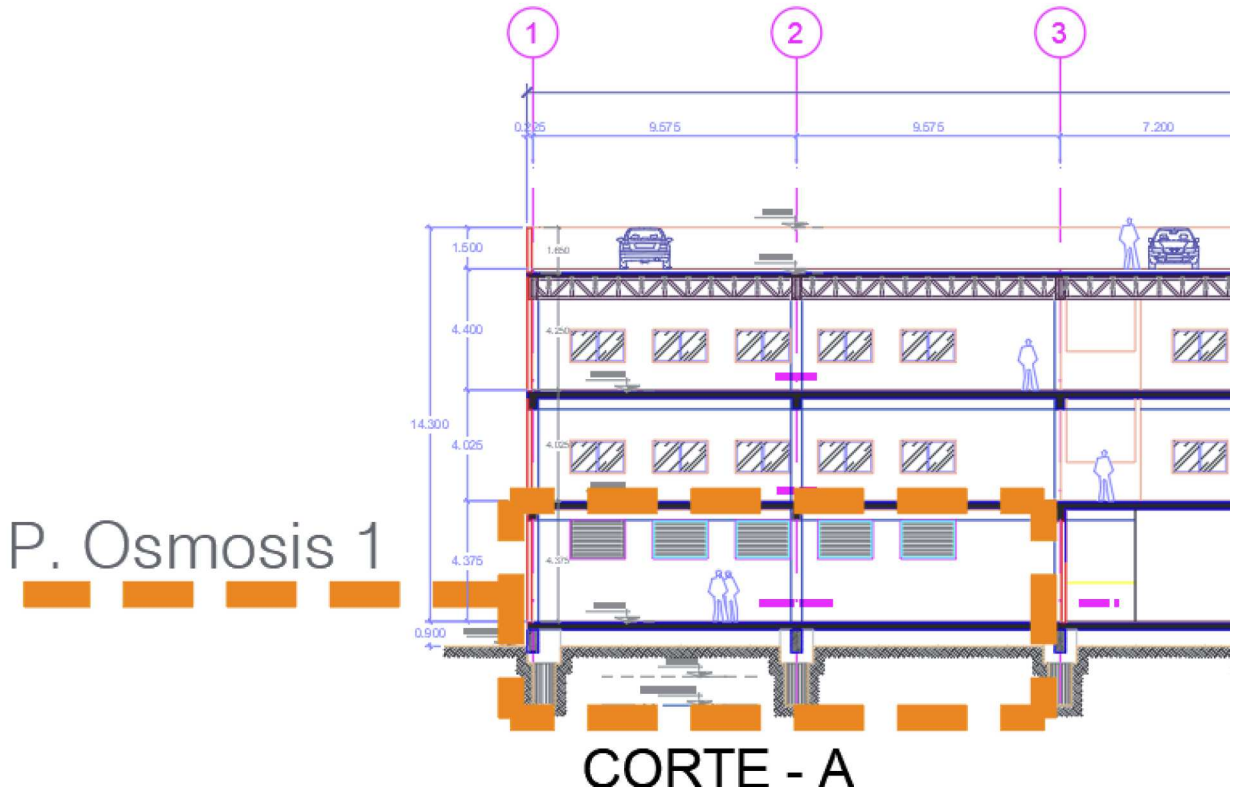
Es importante destacar que, al mismo tiempo, se cumple con el Criterio Ecológico G005 (Para permitir la adecuada recarga del acuífero, todos los proyectos deben acatar lo dispuesto en el artículo 132 de la LEEPAQROO o la disposición jurídica que la sustituya) del Programa de Ordenamiento Ecológico Local del Municipio Benito Juárez vigente.

1.2.1. Equipos de potabilización por Ósmosis Inversa.

El proyecto para la instalación de las plantas de ósmosis inversa, se ha diseñado para tener capacidad sobrada para cubrir los requerimientos de las 3 mil habitaciones y los servicios del hotel. Por lo tanto, se propone la instalación de dos plantas de potabilización de agua por ósmosis inversa, con cuatro módulos de 750 MCD@36000PPM (metros cúbicos diarios de agua con concentración de sales de 36 mil partes por mil) para 2,000 habitaciones y la segunda con dos módulos de 750 MCD@36000PPM para dar servicio a 1,000 habitaciones.

La planta de ósmosis No. 1 con capacidad para potabilizar agua para 2 mil habitaciones, se desplanta sobre una superficie de 547 m^2, y cuenta con cuatro módulos de 750 MCD@36000PPM (metros cúbicos diarios de agua con concentración de sales de 36 mil partes por mil).

En una vista de corte, se aprecia que la planta de ósmosis estará situada en la planta baja del edificio, seguida de un primer y segundo nivel, con áreas útiles, y un estacionamiento en la azotea.



CORTE - A

Por otro lado, es importante destacar que estos módulos potabilizadores se ubicaron dentro de las instalaciones ya autorizadas en materia de impacto ambiental, por lo que no requieren de la afectación de áreas adicionales a las ya autorizadas para el desplante del proyecto.

Estos dos módulos (cada uno con dos equipos) de potabilización mandarán sus aguas potables a dos cisternas, una junto a cada uno de los módulos de potabilización. La primera se desplantará sobre una superficie de 742.00 m^2, la segunda sobre 783.36 m^2 y la tercera ocupará una superficie de 911.36 m^2. Al igual que los módulos de potabilización, las cisternas estarán confinadas, desplantadas dentro de las edificaciones que ya han sido autorizadas en materia de impacto ambiental.

La primera cisterna de agua potable tendrá una altura de 2.47 m, un área de desplante de 875 m^2 y un PCI con capacidad de 2,165.04 m^3.

La segunda cisterna de agua potable tendrá una altura de 2.73 m, un área de desplante de 750 m^2 y un PCI con capacidad de 2,045.04 m^3.

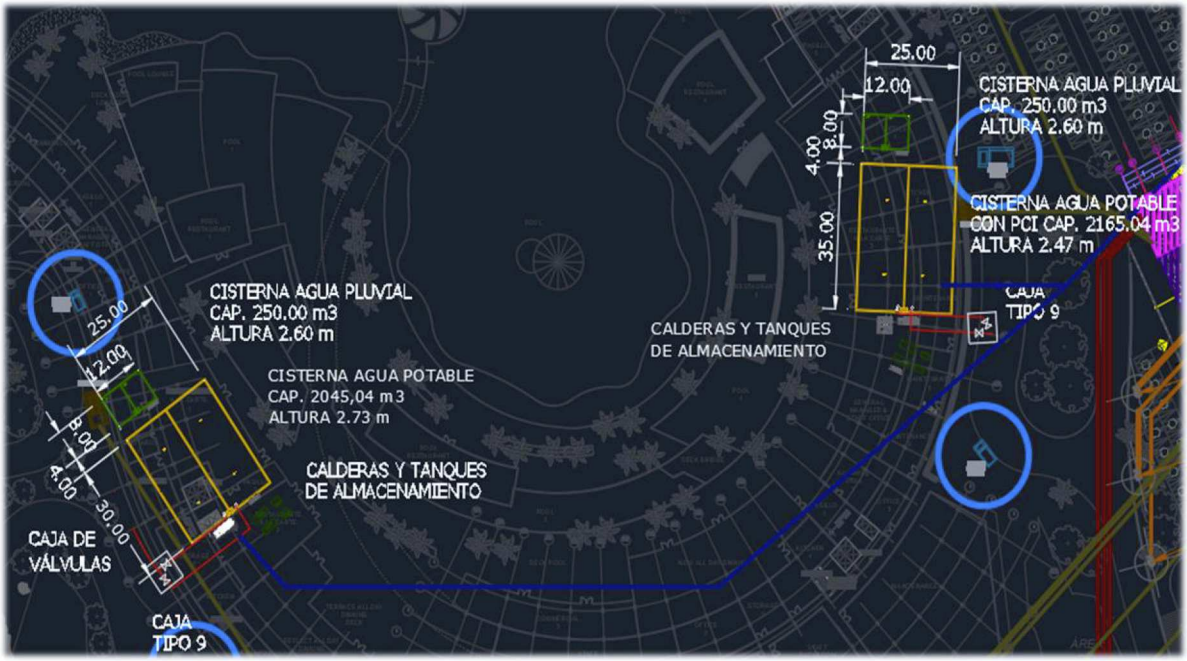
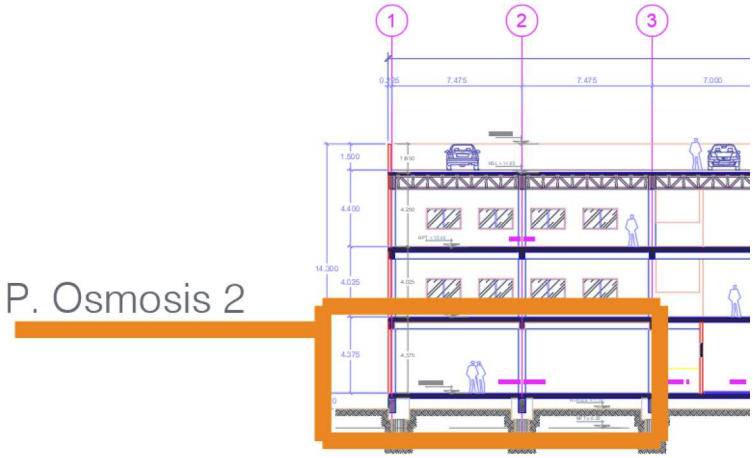


Imagen que muestra la localización de las cisternas de agua potable (en color naranja) para el almacenamiento del agua potable producida por la planta de ósmosis inversa No. 1, así como de las líneas hidráulicas (color azul marino) para la conducción del agua producto. Estas plantas se ubicaron dentro de las instalaciones ya autorizadas en materia de impacto ambiental, por lo que no requieren de la afectación de áreas adicionales a las ya autorizadas para el desplante del proyecto.

La planta de ósmosis No. 2 con capacidad para potabilizar agua para mil habitaciones, se desplanta sobre una superficie de 532 m^2, y cuenta con dos módulos de 750 MCD@36000PPM (metros cúbicos diarios de agua con concentración de sales de 36 mil partes por mil).



CORTE - A

Al igual que en la planta anterior, en una vista de corte se aprecia que la planta de ósmosis estará situada en la planta baja del edificio, seguida de un primer y segundo nivel, con áreas útiles, y un estacionamiento en la azotea (imagen anterior).

Esta imagen muestra la vista de planta de la Planta de Ósmosis Inversa No. 2, con dos módulos para potabilizar aguas con concentraciones de hasta 36 mil ppm. Se muestran también las áreas para oficina, almacén, zonas de tableros, la estación de filtros, zona de retro lavados, así como el área de bombas dosificadoras.

Al igual que en la planta No. 1, la planta No. 2 cuenta con dos cisternas para el acopio de las aguas potabilizadas. Estas cisternas también estarán confinadas dentro de las edificaciones que ya han sido autorizadas en materia de impacto ambiental.

La primera cisterna de agua potable tendrá un área de desplante de 698.05 m^2 y un PCI con capacidad de 1,269.64 m^3.

La segunda cisterna de agua potable tendrá un área de desplante de 809.33 m^2 y un PCI con capacidad de 1,181.58 m^3.

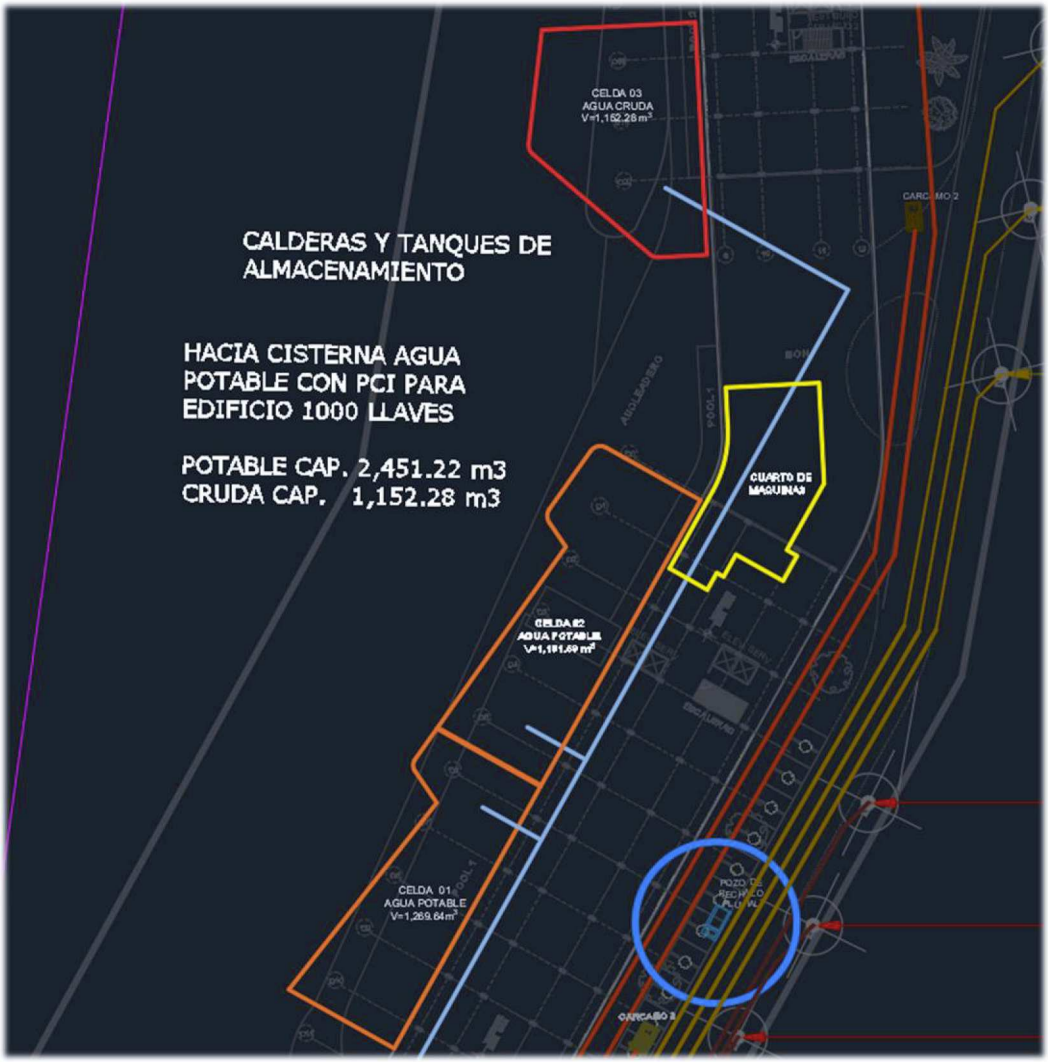


Imagen que muestra la localización de las cisternas de agua potable (en color naranja) para el almacenamiento del agua potable producida por la planta de ósmosis inversa No. 2, así como de las líneas hidráulicas (color azul) para la conducción del agua producto. Estas plantas se ubicaron dentro de las instalaciones ya autorizadas en materia de impacto ambiental. Se presenta también una cisterna de 1,152.28 m3 (polígono rojo) de capacidad para agua cruda y se muestra el cuarto de máquinas en color amarillo.

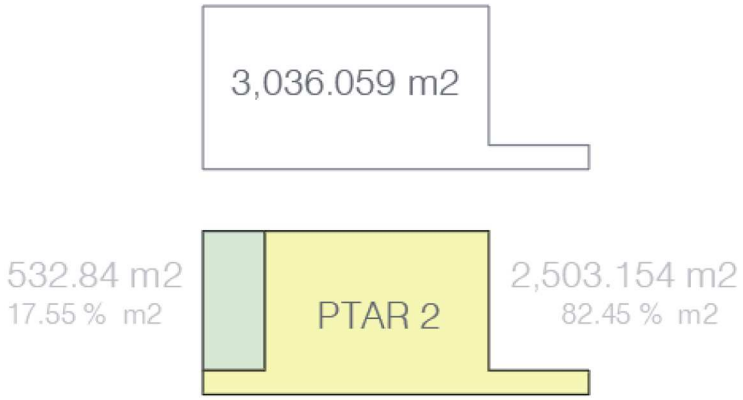
1.2.2. Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales.

Para la instalación de las estructuras que acogerán los equipos para el tratamiento de las aguas residuales, serán construidas en las dos áreas ya descritas, junto con las plantas de ósmosis ya descritas, la primera con una superficie de 3,116.676 m^2 y la segunda con 3,036.059 m^2.

Como se puede observar en la siguiente imagen, del polígono de 3,116.676 m^2, serán destinados 546.98 m^2 para la instalación de la planta de ósmosis inversa, por lo que la planta de tratamiento de aguas residuales No. 1 se desplantará sobre una superficie de 2,569.696 m^2.

Esta imagen muestra la vista de planta de la Planta de tratamiento de aguas residuales No. 1 (polígono naranja), localizada en el polígono de 3,116.676 m^2, del cual ocupará una superficie de 2,569.696 m^2.

Por otro lado, para las otras dos plantas de ósmosis y de tratamiento de aguas residuales, se cuenta con el polígono de 3,036.059 m^2, de los cuales 532.84 m^2 serán destinados para la instalación de la planta de ósmosis inversa No. 2, mientras que la planta de tratamiento de aguas residuales No. 2, se desplantará sobre una superficie de 2,503.154 m^2.



Esta imagen muestra la vista de planta de la Planta de tratamiento de aguas residuales No. 2 (polígono naranja), localizada en el polígono de 3,036.059 m^2, del cual ocupará una superficie de 2,503.154 m^2.

1.3.- INVERSIÓN REQUERIDA.

Para el proyecto **Plantas de tratamiento de aguas residuales y ósmosis inversa**, se tiene estimada una inversión de ***dos cientos cincuenta millones, cuatrocientos cuarenta y dos mil ciento cincuenta y nueve pesos*** moneda nacional (**250,442,159.00** M.N.) con obra concluida. Dentro del monto de inversión se incluye diseño y supervisión, construcción de la obra civil, estudios técnicos, compra e instalación de los equipos, redes hidráulicas, eléctricas, cisternas, cárcamos de rebombeo, etc.

En el siguiente cuadro se desglosan los costos del proyecto por cada concepto:

INVERSION REQUERIDA PARA LA CONSTRUCCION DE LAS DOS PLANTAS			
CONCEPTO	**PTAR PARA 1000 HABITACIONES**	**PTAR PARA 2000 HABITACIONES**	
	CANTIDAD	**CANTIDAD**	**TOTAL**
OBRA CIVIL DE LAS PLANTAS DE TRATAMIENTO	46,005,161.61	47,226762.31	93,231,923.92
OBRA CIVIL DE LAS PLANTAS DE ÓSMOSIS	7,952,274.59	8,163,431.05	16,115,705.64
PERFORACION DE POZOS (8 DE ABSORCION, MÁS 9 DE APROVECHAMIENTO Y 9 DE RECHAZO)	5,454,000.00	10,302,000.00	15,756,000.00
EQUIPOS PARA LA PTAR	32,695,457.00	49,043,185	81,738,642.00
EQUIPOS PARA LA OSMOSIS	16,170,000.00	24,255,000	40,425,000.00
DOTACIÓN DE BOMBAS EN POZOS	1,099,000.00	2,075,888	3,174,888.00
TOTALES	**109,375,893.20**	**141,066,266.36**	**250,442,159.56**

2. CARACTERÍSTICAS PARTICULARES DEL PROYECTO

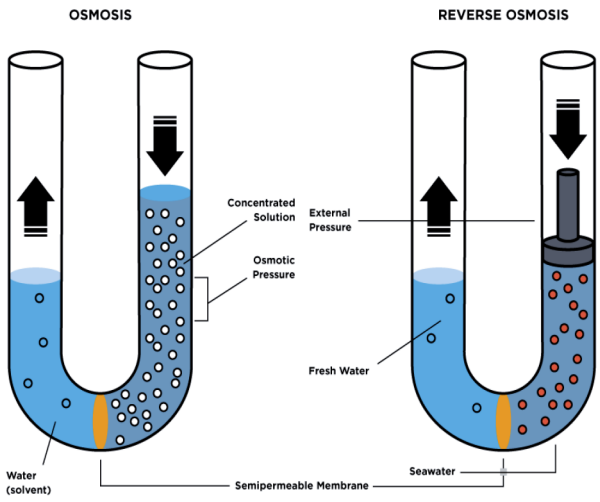
2.1.- EQUIPOS DE POTABILIZACIÓN POR ÓSMOSIS INVERSA.

Principios de Funcionamiento de la planta de Osmosis Inversa. Para entender el proceso de ósmosis inversa, se debe recordar la ósmosis natural, mecanismo de transferencia de nutrientes en las células de los seres vivos a través de las membranas que la recubren.

En tal sentido, cuando se ponen en contacto dos soluciones de diferentes concentraciones de un determinado soluto (por ejemplo, sales), se genera un flujo de solvente (por ejemplo, agua) desde la solución más diluida a la más concentrada, hasta igualar las concentraciones de ambas.

En este proceso, el agua que atraviesa la membrana es "empujada" por la presión osmótica de la solución más salada y el equilibrio del proceso se alcanza cuando la columna hidrostática iguala dicha presión osmótica. De aquí se deduce que si nuestro interés en el tratamiento es obtener una corriente de agua lo más diluida posible deberemos invertir el fenómeno.

Esta inversión se conoce como ósmosis inversa, en la cual hay que vencer la presión osmótica natural mediante la aplicación en sentido contrario de una presión mayor. Cuando se logra invertir el fenómeno estamos en presencia de ósmosis inversa.



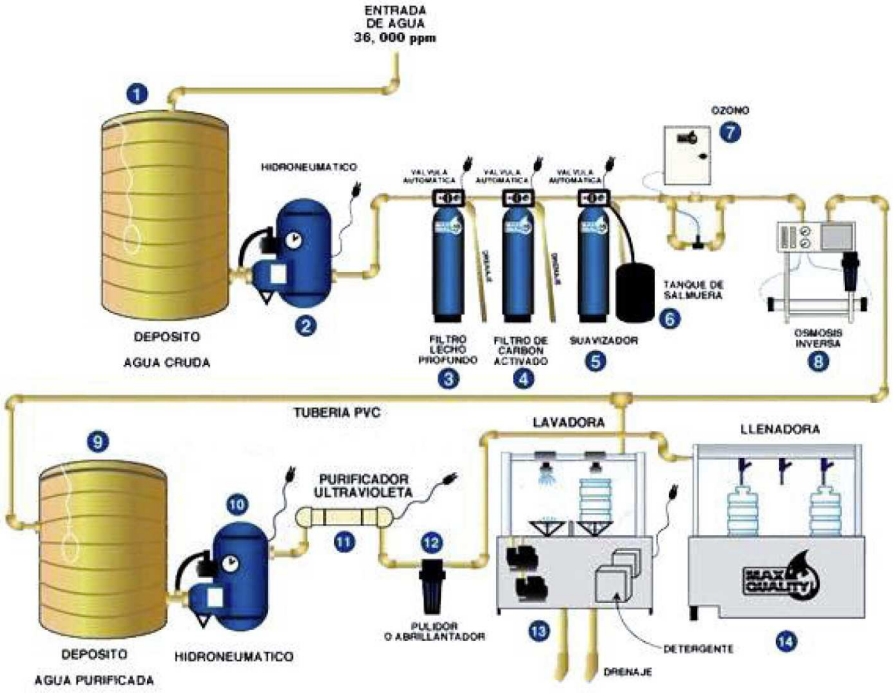
Así ´pues, se trata de una técnica de desmineralización basada en membranas y usada para separar sólidos disueltos, tales como iones, de una solución. Las membranas en general actúan como barreras permeables

selectivas que permiten que algunas substancias (como el agua) permee a través de ellas mientras retiene otras sustancias disueltas (como iones).

La ósmosis inversa ofrece la filtración más eficiente actualmente disponible, rechazando la mayoría de los sólidos disueltos y suspendidos, al tiempo que impiden el paso de las bacterias y los virus, obteniéndose un agua pura y esterilizada.

Aguas con un elevado contenido de sales como, sodio, calcio, boro, hierro, cloruros, sulfatos, nitratos y bicarbonatos, pueden ser tratadas con la osmosis inversa hasta alcanzar los límites considerados como "agua aceptable" para su utilización. Las membranas filtrantes son la clave y responsables de separar las sales del agua. Dichas membranas pueden considerarse como filtros moleculares. El tamaño de los poros de estos filtros membranas es extremadamente reducido, por lo que se requiere una presión considerable para hacer pasar cantidades de agua a través de ellas.

Las impurezas que quedan en las membranas son posteriormente arrastradas y lavadas por la misma corriente de agua. De esta forma el sistema realiza una autolimpieza constante. Esta corriente de agua de desperdicio necesaria, está en relación directa con el tipo de membrana que se utiliza y sus exigencias.



Esquema del tren de tratamiento de las aguas hipersalinas y su paso por los filtros y membranas, hasta el depósito de agua purificada y su distribución a las diferentes áreas del desarrollo.

La propuesta de trabajo que se somete a evaluación, consiste en la instalación y operación de dos plantas de purificación de agua por el método de ósmosis inversa. La primera de ellas, **con cuatro módulos de 750 MCD@36000PPM** (metros cúbicos diarios de agua con concentración de sales de 36 mil partes por mil) para 2,000 habitaciones y **la segunda con dos módulos de 750 MCD@36000PPM** para dar servicio a 1,000 habitaciones.

La planta No. 1 contará con seis pozos de aprovechamiento (dos de ellos serán de respaldo), así como seis pozos de rechazo (dos de ellos serán de respaldo), para descarga del agua de rechazo generada por el proceso de ósmosis inversa. Esta planta de ósmosis inversa contará con cisternas desplantadas dentro de las edificaciones para el almacenamiento del agua producto potabilizada, con su sistema de bombeo y red hidráulica para su distribución a todas las áreas del proyecto.

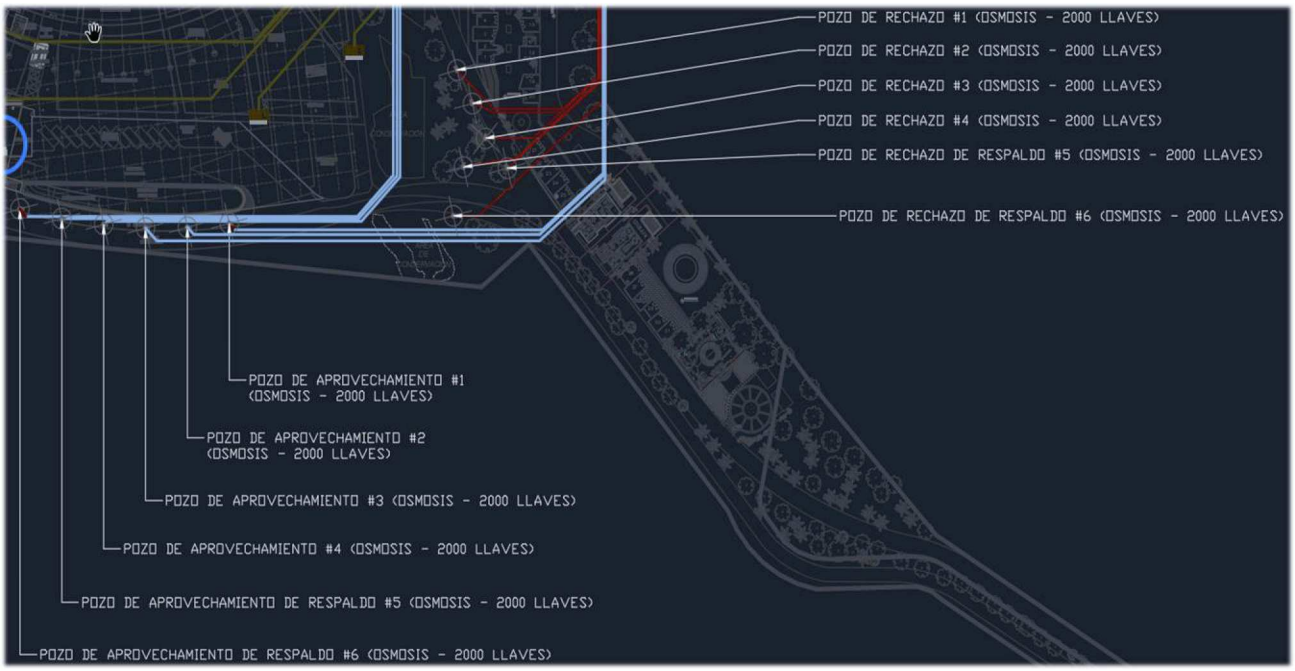


Imagen que muestra la localización de pozos de aprovechamiento (dos de ellos serán de respaldo) y seis pozos de rechazo. Se muestran las cisternas para el almacenamiento del agua potable producida por la planta de ósmosis inversa No. 1, así como de las líneas hidráulicas (color azul para el aprovechamiento y rojas las líneas para rechazo).

La segunda planta No. 2 contará también con tres pozos de aprovechamiento (uno de ellos será de respaldo), así como tres pozos de rechazo (uno de ellos será de respaldo), para descarga del agua de rechazo generada por el proceso de ósmosis inversa.

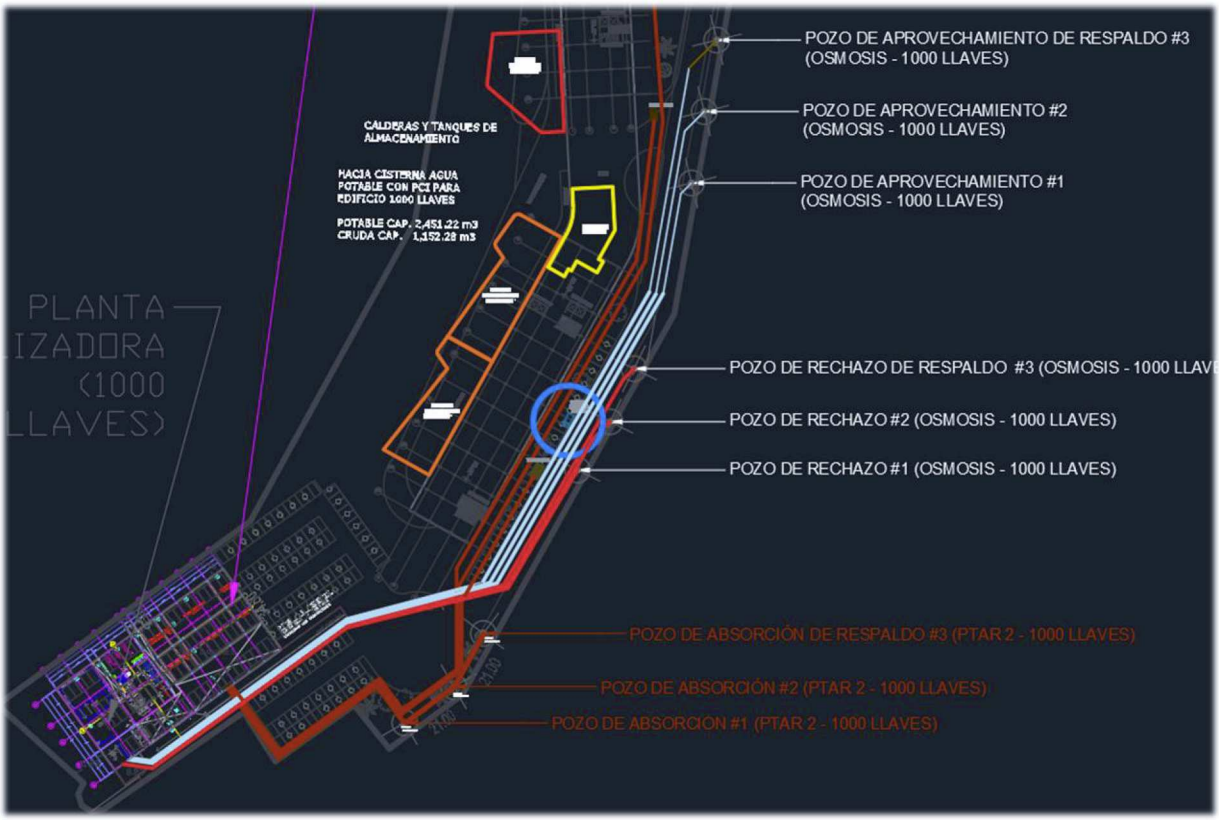


Imagen que muestra la localización de los tres pozos de aprovechamiento (uno de ellos será de respaldo), así como tres pozos de rechazo de la planta de ósmosis inversa No. 2. También se muestran las líneas hidráulicas (color azul para el aprovechamiento y rojas las líneas para rechazo).

Se pretende utilizar agua subterránea salobre para que esta pueda ser tratada mediante el sistema de osmosis inversa y, posteriormente ser utilizada en cada habitación del desarrollo, así como en los diversos servicios requeridos para la adecuada operación del proyecto autorizado mediante bitácora 23QR2018TD152.

2.1.1. Prueba Estática.

Para diseñar las especificaciones técnicas idóneas de los equipos a instalar, ya descritas para los sistemas de potabilización, además de los cálculos de los requerimientos de agua para todo el desarrollo, se realizó un estudio del acuífero de la zona, mediante el análisis de muestras de agua extraídas mediante un pozo exploratorio que se practicó en el predio en el mes de febrero de 2021, en las coordenadas X= 0522502 y Y= 2329484.

A continuación, se muestran los resultados analíticos de las muestras extraídas para su estudio:

Muestra 1	
Parámetro	**Valor**
Profundidad	15 m
TDS	14,430 ppm
pH	7.4
Cloro	0
Dureza	8,000 ppm
Alcalinidad	90
Sulfhídrico	3 ppm
Temperatura	29,5 °C

Muestra 2	
Parámetro	**Valor**
Profundidad	20 m
TDS	33,000 ppm
pH	7.6
Cloro	0
Dureza	>15,000 ppm
Alcalinidad	70
Sulfhídrico	2 ppm
Temperatura	29,5 °C

Muestra 3	
Parámetro	**Valor**
Profundidad	25 m
TDS	35,400 ppm
pH	7.6
Cloro	0
Dureza	>15,000 ppm
Alcalinidad	90
Sulfhídrico	0,5 ppm
Temperatura	28,8 °C

Muestra 4	
Parámetro	**Valor**
Profundidad	30 m
TDS	35,990 ppm
pH	7.6
Cloro	0
Dureza	>15,000 ppm
Alcalinidad	100
Sulfhídrico	0 ppm
Temperatura	27 °C

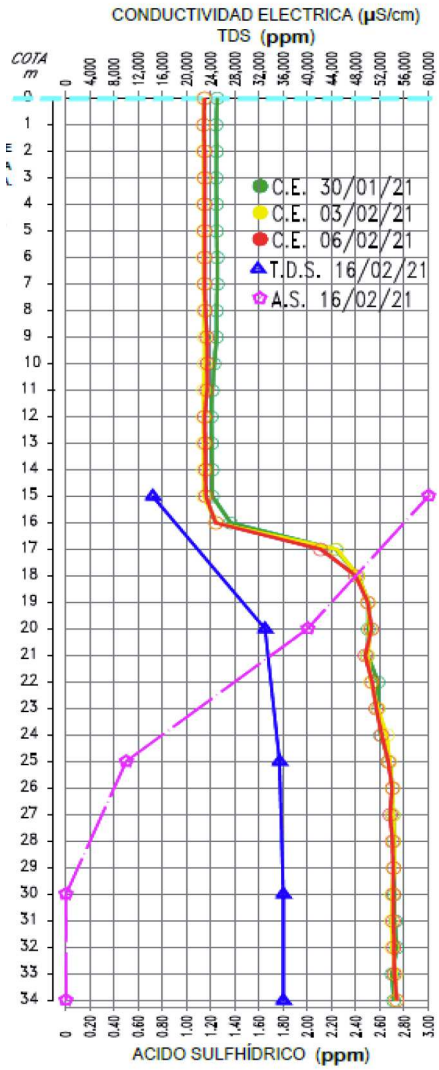
MUESTRA 5	
PARÁMETRO	**VALOR**
PROFUNDIDAD	34 m
TDS	36,030 ppm
PH	7.6
CLORO	0
DUREZA	>15,000 ppm
ALCALINIDAD	110
SULFHÍDRICO	0 ppm
TEMPERATURA	29.1 °C

Con base en estos resultados, se realizó el diseño más idóneo de los equipos para la potabilización del agua. Estos equipos propuestos, están diseñados para trabajar con la calidad del agua que se encontró en las muestras No. 4 y No. 5.

En estas muestras podemos ver que los TDS (Sólidos Totales Disueltos) están arriba de los 30,000 ppm. Así mismo, a estas profundidades se encontró que no se presenta ácido sulfhídrico (H_2S), a diferencia de las otras muestras en las cuales si se ve algo de presencia de este gas.

El ácido sulfhídrico en disolución acuosa, es un hidrácido de fórmula H_2S. Este gas, más pesado que el aire, es inflamable, incoloro, tóxico, odorífero: su olor es el de materia orgánica en descomposición, similar al olor de los huevos podridos. Por lo anterior, es un componente no deseable para la potabilización del agua.

Independientemente de los seis módulos de potabilización de agua que se han propuesto entre las dos plantas, el proyecto requerirá de la perforación de nueve pozos de aprovechamiento (tres de ellos de respaldo), con la profundidad idónea para obtener agua con un contenido de Sólidos Disueltos Totales mayor a 36,000 ppm, así como nueve pozos de rechazo, para



NOTAS SOBRE LA GRAFICA DE ARRIBA:
1. Todos los valores fueron tomados en condiciones estaticas en las fechas señaladas.
2. C.E. = Conductividad Eléctrica (µS/cm)
3. T.D.S. = Solidos Disueltos Totales (PPM)
4. A.S. = Acido Sulfhidrico (PPM)

descargar el agua de rechazo del tratamiento por ósmosis inversa.

Lo anterior para que el líquido obtenido cumpla con lo indicado en la NOM-127-SSA1-1994, que establece lo siguiente:

"*…los límites permisibles de calidad y los tratamientos de potabilización del agua para uso y consumo humano, que deben cumplir los sistemas de abastecimiento públicos y privados o cualquier persona física o moral que la distribuya, en todo el territorio nacional*".

2.1.2. Prueba Dinámica.

Con este mismo pozo se realizaron las pruebas dinámicas. El equipo utilizado para esta prueba fue una bomba sumergible de 20 caballos de fuerza y flujo de 45 galones por minuto. La profundidad de succión de la bomba fue de 10 metros. El ademe utilizado fue de 4 pulgadas, liso hasta los 26 metros, y el resto hasta los 36 metros fue ranurado. La fecha de la prueba fue el 7 de abril del 2021.

El nivel estático del agua está a una altura de 1.50 metros, la bomba fue metida a una profundidad de 10 metros. A continuación, se presentan los resultados de los análisis que se le realizaron a las muestras de agua extraídas del pozo exploratorio en la prueba dinámica:

Muestra 1 TOMADA A LAS 12:30 PM	
Parámetro	**Valor**
Profundidad	31 m
TDS	33,710 ppm
pH	7.7
Dureza	9,850 ppm
Sulfhídrico	0 ppm
Temperatura	28 °C

Muestra 2 TOMADA A LAS 2:00 PM	
Parámetro	**Valor**
Profundidad	31 m
TDS	34,320 ppm
pH	7.7
Dureza	9,850 ppm
Sulfhídrico	0 ppm
Temperatura	28 °C

Muestra 3 TOMADA A LAS 3:00 PM	
Parámetro	**Valor**
Profundidad	31 m
TDS	34,850 ppm
pH	7.7
Dureza	9,850 ppm
Sulfhídrico	0 ppm
Temperatura	28 °C

Muestra 4 TOMADA A LAS 4:00 PM	
Parámetro	**Valor**
Profundidad	31 m
TDS	34,020 ppm
pH	7.7
Dureza	9,900 ppm
Sulfhídrico	0 ppm
Temperatura	28 °C

MUESTRA 5 TOMADA A LAS 5:00 PM	
PARÁMETRO	VALOR
PROFUNDIDAD	31 m
TDS	33,760 ppm
pH	7.7
DUREZA	9,900 ppm
SULFHÍDRICO	0 ppm
TEMPERATURA	28 °C

MUESTRA 6. TOMADA A LAS 6:00 PM	
PARÁMETRO	VALOR
PROFUNDIDAD	31 m
TDS	34,030 ppm
pH	7.7
DUREZA	9,900 ppm
SULFHÍDRICO	0 ppm
TEMPERATURA	28 °C

Síntesis de los resulta dos de la prueba dinámica

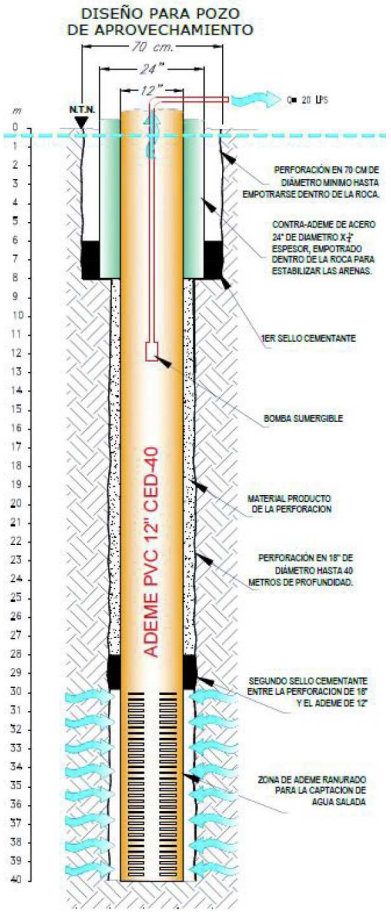
	MUESTRA 1	MUESTRA 2	MUESTRA 3	MUESTRA 4	MUESTRA 5	MUESTRA 5
HORA	12:30	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00
TDS (ppm)	33710	34320	34380	34020	33760	34030
PH	7.7	7.7	7.7	7.7	7.7	7.7
DUREZA (ppm)	9850	9850	9850	9900	9900	9900
SULFHÍDRICO (ppm)	0	0	0	0	0	0
TEMPERATURA (°C)	28	28	28	28	28	28

De lo anterior podemos concluir que las condiciones del agua analizadas no presentan mucha variación luego de la prueba dinámica. Es decir, que los resultados son muy parecidos a los obtenidos con la prueba estática, ya que, en estas pruebas dinámicas, los TDS (Sólidos Totales Disueltos) están por arriba de las 30,000 ppm, alcanzando valores máximos de hasta 34,380 ppm.

Así mismo, a estas profundidades se encontró que no se presenta ácido sulfhídrico (H_2S), a diferencia de las otras muestras en las cuales si se ve algo de presencia de este gas.

Con base en lo anterior, el proyecto requerirá de la perforación de pozos de aprovechamiento que tenga la profundidad de 40 metros, en la cual se obtiene agua con un contenido de Sólidos Disueltos Totales mayor a 30,000 ppm.

Se muestra el diseño de un pozo de aprovechamiento, elaborado a partir de las pruebas estática y dinámica con el pozo exploratorio que se practicó en la zona para determinar las características del acuífero.



2.1.3. Especificaciones técnicas de cada módulo de 750 MCD.

Como ya se ha mencionado, se ha decidido instalar dos plantas de potabilización de agua por ósmosis inversa, una planta **con cuatro módulos de 750 MCD@36000PPM** (metros cúbicos diarios de agua con concentración de sales de 36 mil partes por mil) para 2,000 habitaciones y **la segunda con dos módulos de 750 MCD@36000PPM** para dar servicio a 1,000 habitaciones. Cada módulo tiene las siguientes especificaciones técnicas:

ESTRUCTURA. El sistema viene instalado sobre una estructura de acero inoxidable 304.

BOMBA DE ALTA PRESIÓN. Bomba de alta presión de uso rudo y de material resistente a la corrosión. Marca: GRUNDFOS o Similar Modelo: BMS Internos: Inoxidable Tipo: 316 L

MOTOR DE ALTA PRESION. El motor para alta presión viene para aplicaciones industriales. El motor viene diseñado para trabajar 24 horas diarias. Marca: SIEMENS o Similar HP: 160 hp Voltaje: 440 V, 3F, 60 Hz

VASOS DE PRESIÓN PARA ÓSMOSIS INVERSA. Tubos o vasos de presión para trabajo pesado, fabricados en fibra de vidrio. Marca: CODELINE o equivalente Modelo: SW 1,000 PSI Cantidad: 7

RECUPERADOR DE ENERGÍA. Turbo para incrementar la presión aprovechando la presión del rechazo del módulo, reduciendo hasta en un 30% la capacidad nominal del motor de alta presión. Cantidad: 1. Marca: PEI o FEDCO. Material: Acero Inoxidable dúplex 2205.

MEMBRANAS PARA ÓSMOSIS INVERSA. Las membranas de Ósmosis Inversa usadas para esta aplicación son membranas enrolladas en espiral de acetato de celulosa. Marca: FILMTEC O SIMILAR Modelo: SW C5 No. Etapas: 1 Total de membranas: 49 Diseño de recuperación: 40% Presión de Operación: 910 PSI.

PUERTOS DE MUESTREO DE AGUA PRODUCTO. Los puertos de muestreo estarán colocados en cada vaso de presión que permitan la evaluación de la calidad del agua producto.

TABLERO PRINCIPAL. Totalmente cerrado con protección clase NEMA aprobado por UL.

MEDIDORES DE CAULDAL DE AGUA PRODUCTO. El medidor lee confiablemente el caudal del agua producto producido por el sistema. El sistema leerá el flujo del agua con un MAG METER para mayor exactitud y envía la señal a través de PLC a la pantalla. Marca: +GF+Signet Modelo: 3-2551 Series.

MEDIDORES DE CAUDAL DE AGUA RECHAZO. El medidor lee confiablemente el caudal de agua rechazo producido por el sistema. El sistema leerá el flujo de agua con un MAG METER para mayor exactitud y envía la señal a través del PLC a la pantalla. Marca: +GF+Signet. Modelo: 3-2551 Series

MANÓMETROS DE PRESIÓN. Estos manómetros son de 2.5" de diámetro en acero inoxidable relleno de glicerina instalado en el tablero de control principal para máxima visibilidad. Marca: WIKA. Cantidad: 6.

VÁLVULA ACTUADORA DE BLOQUEO DEL AGUA DE ALIMENTACIÓN. Bloqueará la entrada de agua de alimentación, activándose cada corte de operación de la máquina de Ósmosis Inversa. Esto asegura flujo nulo para la máquina de Ósmosis Inversa. Marca: HAYWARD o equivalente.

CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMABLE (PLC). El controlador lógico programable permite un exacto monitoreo y control de las diferentes funciones de la planta de Ósmosis Inversa. Marca: MITSUBISHI Modelo: FX Series.

PANTALLA (TÁCTIL). Dentro de las características del sistema se incluye una pantalla que permite visualizar las diferentes funciones de la planta de Osmosis Inversa. Se programa en español. Marca: MITSUBISHI Modelo: GS.

COMPONENTES ELÉCTRICOS VISIBLES. Todos los contactos, arrancadores, arrancadores magnéticos, relees de sobrecarga, regletas de contacto, fusibles del circuito, interruptores y luces indicadoras. Todos estos componentes están listados y aprobados por la UL. Marca: ALLEN BRADELY o equivalente.

INTERRUPTORES DE SEGURIDAD. Todos los interruptores están diseñados para proteger a la pantalla de Ósmosis Inversa de flujos y presiones inadecuados a la entrada y salida del sistema. Marca: ITT o DANFOSS Modelo: 5-75 500-1500 Cantidad: 3 Material: Inoxidable

LUCES INDICADORAS Y SEÑALES AUDIBLES.

FLOTADOR INTERRUPTOR DE AGUA PRODUCTO. Apagará el sistema de Ósmosis Inversa cuando el tanque de almacenamiento de agua producto se encuentre lleno y arrancará cuando el nivel baje.

TUBERÍA Y VÁLVULA PARA BAJA PRESION. Todos los tubos y válvulas de baja presión vienen en PVC rígido CED 80, y tubos flexibles de polietileno reforzado.

TUBERÍA Y VALVULA PARA ALTA PRESIÓN. Todos los tubos y válvulas de alta presión vienen en acero inoxidable 316L soldados y normalizados con gas argón.

INTERRUPTOR PRINCIPAL DE APAGADO

CONTROL AUTOMÁTICO DE VOLTAJE/FASE. Este equipo automáticamente va a monitorear en línea la frecuencia y voltaje en cada fase. Marca: ABB o equivalente Modelo: 440 V

VARIADOR DE FRECUENCIA (VFD) PARA BOMBA/MOTOR DE ALTA PRESIÓN. Variador de frecuencia de nueva generación de alto poder digital que tiene múltiples funciones, incluyendo velocidad y configuración de parámetros. El equipo reduce las distorsiones armónicas y corrientes transitorias. Marca: DANFOSS o equivalente 160 HP

PREFILTRACIÓN. Filtros 5 micras integrados dentro del sistema Marca: BIG BLUE o Similar Modelo: BB 20 Material: PVC Cantidad: 1

MEDIDOR DE PH (AGUA PRODUCTO). Este medidor reporta la cantidad de pH en forma continua y tiene parámetros por alta cantidad y baja cantidad. Marca: +GF+

MEDIDOR DE SÓLIDOS TOTALES DISUELTOS (AGUA CRUDA). Este medidor reporta la cantidad de sólidos disueltos en forma continua y tiene parámetros por alta cantidad y baja cantidad de sólidos. Marca: +GF+ Modelo: Serie 3-2850-52.

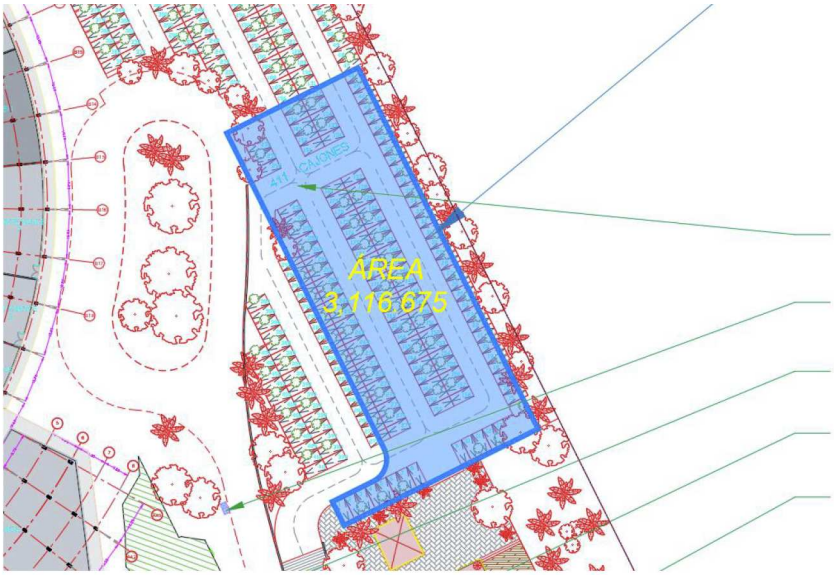
MEDIDOR DE SÓLIDOS TOTALES DISUELTOS (AGUA PRODUCTO). Este medidor reporta la cantidad de sólidos disueltos en forma continua y tiene parámetros por alta cantidad y baja cantidad de sólidos. Marca: +GF+ Modelo: Serie 3-2850-52.

TUBERÍA DE ALTA PRESION EN ACERO INOXIDABLE Tubería en 316 en acero inoxidable anodizado del lado de alta de la planta de Osmosis Inversa Marca: Inox Modelo: 316L.

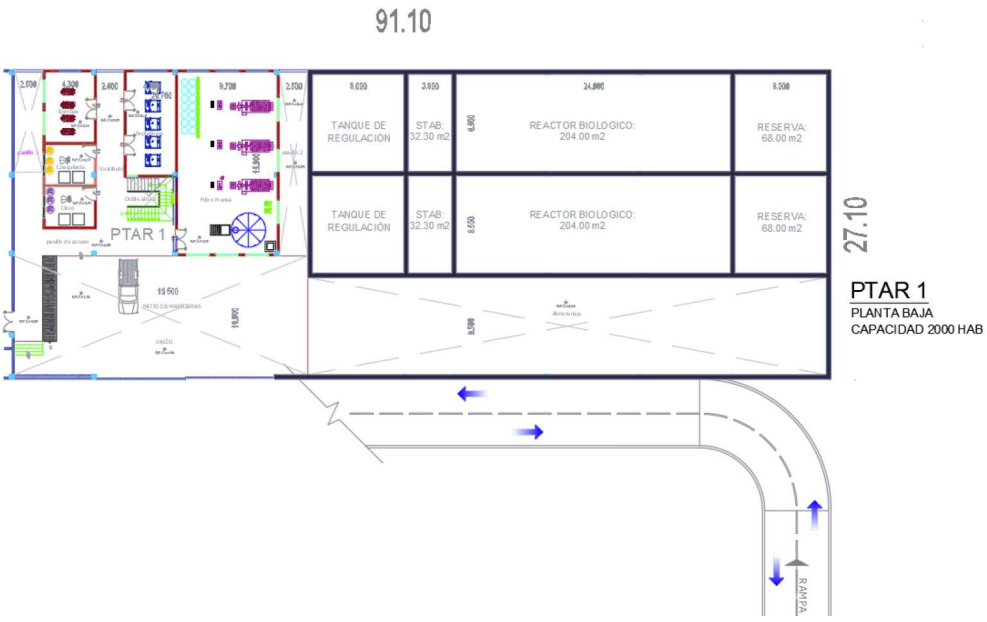
SISTEMA DE LIMPIEZA CIP/ ENJUAGUE PARA LAS MEMBRANAS. Sistema para limpieza química/enjuague de las membranas para extender la vida y mantener las membranas la operación óptima. Cajón de control: NEMA 12 Plomería: PVC SCH 80 Tanque: 2,000 Litros Material del tanque: HDPE Monitor de PH: Digital Modelo: 8750 Series Flujo: In line Material: Acrílico. Marca de la bomba: GOULDS Flotador: Nivel Bajo Material de la carcasa: 304 Acero inoxidable Carcasa de filtros: 5 micras.

2.2.- EQUIPOS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES.

La planta de tratamiento No. 1, se ubicará en la colindancia norte del terreno, que se desplanta dentro del polígono con una superficie de 3,116.675 m^2.



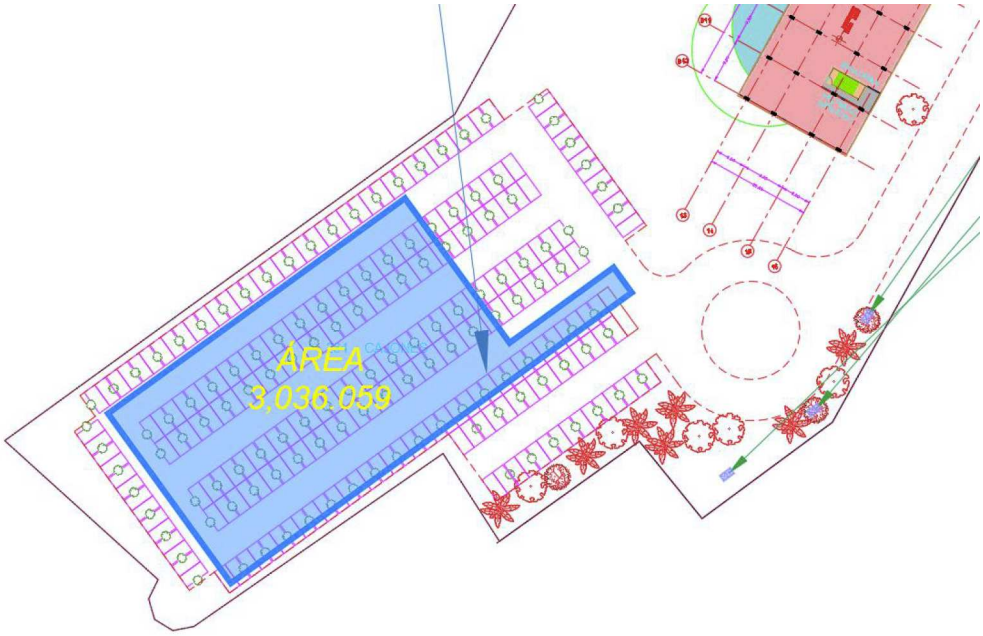
La planta tiene una configuración rectangular de 27.10 m en su sección transversal y de 91.10 m en su sección longitudinal, con una altura libre interior de 11.00 m. En la fachada norte de este espacio se encuentra el acceso a los cuartos donde se localizan las bombas, sopladores, almacenes, etc.



La rampa vehicular recorre toda la fachada sur de la planta, esta rampa tiene una pendiente del 12% y un ancho de 6.00 m. Esta rampa permite el acceso a la azotea de la instalación, la cual está destinada como estacionamiento.

El perímetro de la azotea tendrá un pretil de concreto para la contención de los autos, este pretil tendrá una altura de 1.20 m aproximadamente. Las captaciones pluviales de esta azotea serán canalizadas a las diferentes coladeras que se localizan en toda la superficie de esta.

La planta de tratamiento No. 2 se ubicará en la esquina sur del terreno que se desplanta dentro del polígono con una superficie de 3,036.06 m^2, esta superficie se conforma por 2,503.154 m^2 del cuarto de equipos y tanques. Esta planta contará con una rampa vehicular.

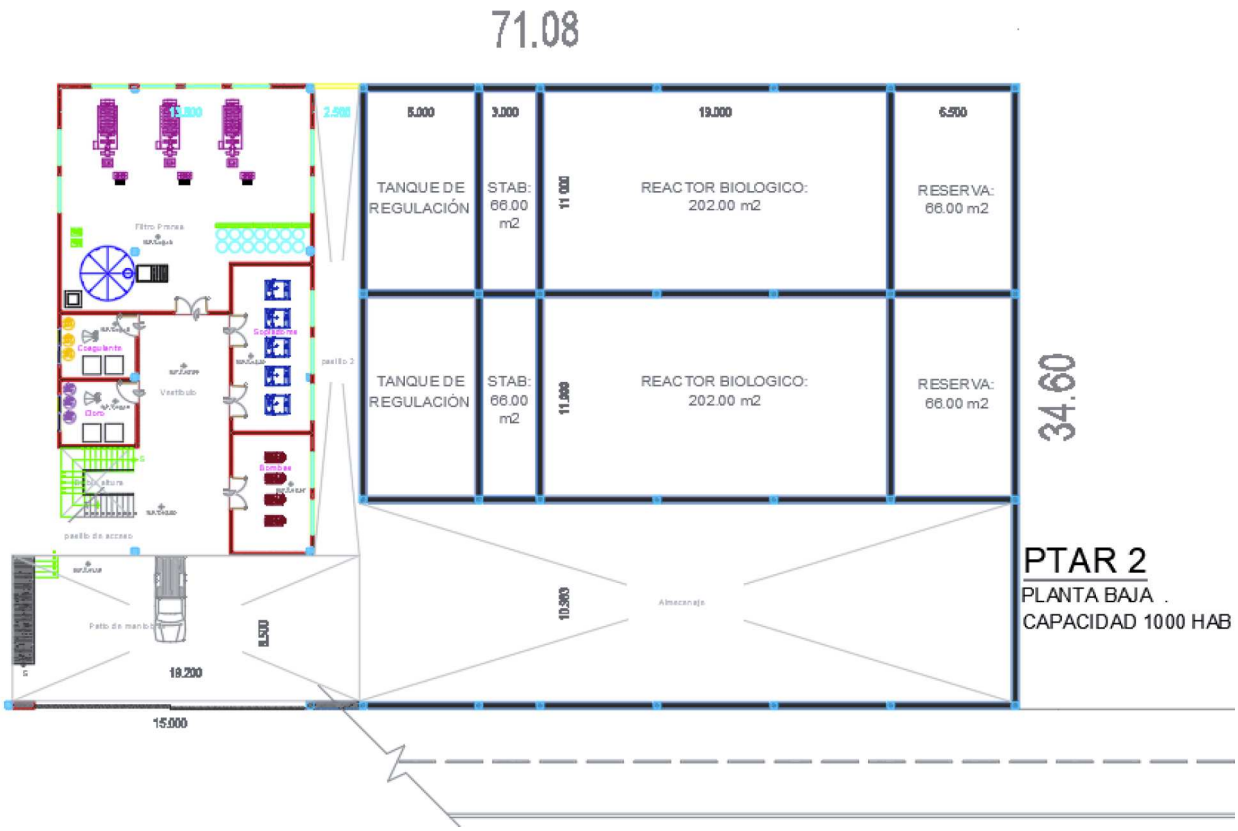


La planta tiene una configuración rectangular de 34.60 m en su sección transversal y de 71.10 m en su sección longitudinal, con una altura libre interior de 11.00 m. En la fachada norte de este espacio se encuentra el acceso a los cuartos donde se localizan las bombas, sopladores, almacenes, etc.

La zona donde se albergan los tanques para el tratamiento del agua tiene su acceso desde la fachada sur por medio de puertas corredizas con la apertura y altura suficiente para la fácil maniobra de los tanques.

La rampa vehicular recorre toda la fachada oriente de la planta, esta rampa tiene una pendiente del 12% y un ancho de 6.00 m. Esta rampa permite el acceso a la azotea de la instalación, la cual está destinada como estacionamiento.

El perímetro de la azotea tendrá un pretil de concreto para la contención de los autos, este pretil tendrá una altura de 1.20 m aproximadamente. Las captaciones pluviales de esta azotea serán canalizadas a las diferentes coladeras que se localizan en toda la superficie de esta, estas coladeras estarán conectadas a sus respectivas bajadas que llevarán el agua hacia los pozos de rechazo pluvial.



2.3 PROGRAMA GENERAL DE TRABAJO

2.3.1- EQUIPOS DE POTABILIZACIÓN POR ÓSMOSIS INVERSA.

A partir del momento en que se cuente con todos los componentes de los equipos y módulos de ósmosis inversa, se estima un periodo de 12 meses para la conclusión y puesta en marcha de los equipos. El programa de trabajo para poner en marcha los módulos de ósmosis inversa, se presenta a continuación:

PROGRAMA DE TRABAJO PARA LA INSTALACIÓN DE LAS PLANTAS DE ÓSMOSIS INVERSA

ACTIVIDAD	MESES											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
DESLINDE Y TOPOGRAFÍA DE LA ZONA DE EMPLAZAMIENTO												
CONSTRUCCIÓN Y OBRA CIVIL DEL RECINTO DE INSTALACIÓN												
INSTALACION DE REDES DE SERVICIO												
INSTALACIÓN DE TUBERÍAS DE ALTA PRESIÓN												
PERFORACIÓN DE LOS POZOS DE EXTRACCIÓN Y POZOS DE RECHAZO												
INSTALACIÓN DE BOMBAS Y VÁLVULAS EN POZOS DE CAPTACIÓN												
CONEXIÓN DE TUBERÍAS DE CUARTO DE MÁQUINAS HASTA POZOS DE RECHAZO												
RED HIDRÁULICA ENTRE POZOS Y CUARTO DE MÁQUINAS												
RED DE ENERGÍA ELÉCTRICA E INSTALACIONES ASOCIADAS												
INSTALACIÓN CENTRO DE CARGA, TABLEROS ELECTRÓNICOS												
EQUIPO DE BOMBEO, DOSIFICADORES Y TANQUES DE FILTRACIÓN												
COLOCACIÓN VÁLVULAS, TUBERÍA, MANÓMETROS, MANIFOLD Y TABLEROS												
PRUEBAS, ARRANQUE DEL EQUIPO Y ENTREGA DEL SISTEMA EN OPERACIÓN												

2.3.2- Equipos de Tratamiento de aguas residuales.

A partir del momento en que se concluya la obra civil y se cuente con todos los componentes de los equipos, se estima un periodo de 14 meses para la conclusión y puesta en marcha de las plantas de tratamiento de aguas residuales, el cronograma de trabajo estimado se presenta a continuación:

PROGRAMA DE TRABAJO PARA LA CONSTRUCCIÓN DE LAS PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES														
ACTIVIDAD	MESES													
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
TRAZO Y BANCOS DE NIVEL														
OBRA CIVIL DE RECINTOS DE REACTORES Y TANQUES														
FIRME ESTRUCTURAL PARA REACTORES														
RAMPAS, CUARTOS OFICINAS Y BODEGAS														
RECINTOS PARA SOPLADORES, COAGULANTES Y BOMBAS														
REDES DE SERVICIOS A LOS CUARTOS DE LA PLANTA														
RED DE ENERGÍA ELÉCTRICA E INSTALACIONES ASOCIADAS														
INSTALACIÓN CENTRO DE CARGA, TABLEROS ELECTRÓNICOS														
CONSTRUCCIÓN DE LOS CÁRCAMOS DE REBOMBEO														
RED HIDRÁULICA ENTRE CÁRCAMOS Y LAS PLANTAS														
COLOCACIÓN VÁLVULAS, TUBERÍA, MANÓMETROS, MANIFOLD Y TABLEROS														
PERFORACIÓN DE POZOS DE ABSORCIÓN														
ACABADOS DE LOS RECINTOS DE INSTALACIÓN DE REACTORES DE PTAR														
CONEXIÓN HIDRÁULICA ENTRE LA PTAR, LAS CISTERNAS Y POZOS														
HABILITACIÓN DEL TREN DE TRATAMIENTO DE LODOS														
DESHIDRATADOR DE LODOS Y COMPACTADOR O PRENSA														
PRUEBAS CON AGUA DEL FUNCIONAMIENTO DE LAS PTAR´s														
ENTREGA DEL SISTEMA EN OPERACIÓN														

2.4 ETAPA DE PREPARACIÓN DEL SITIO

Como parte del desarrollo del proyecto de plantas de ósmosis inversa y las dos plantas de tratamiento de aguas residuales, no se requiere de la preparación del sitio con actividades como desmontes chapeos o movimientos de tierra, ya que la ubicación elegida para cada una de las plantas, se construirá e instalará dentro de la huella de desplante del proyecto autorizada previamente.

Se trata de plantas que serán confinadas, dentro de edificios que se construirán ex profeso para estos equipos, por lo cual no se requerirá de impactos adicionales a los ya autorizados en materia de impacto ambiental.

Por lo tanto, esta etapa consistirá en todas las gestiones para la obtención de permisos y licencias ante las diversas autoridades federales, estatales y municipales involucradas en la instalación y operación de plantas de ósmosis inversa y plantas de tratamiento de aguas residuales.

También se incluyen aquí los trabajos topográficos para delimitar con toda precisión las diferentes áreas que integran los recintos en que serán instaladas las plantas, todos estos trabajos serán parte de los preparativos para el inicio de la construcción de la obra civil, consistente en los recintos en los que serán instaladas las dos plantas desaladoras por el método de ósmosis inversa y las dos plantas de tratamiento de aguas residuales, las cuales se colocarán por pares, un par para cada una de las etapas del proyecto (un par para el Edificio de 2, 000 habitaciones y otro para el Edificio de 1,000 habitaciones).

2.5 ETAPA DE CONSTRUCCIÓN DEL PROYECTO

2.5.1. DESCRIPCIÓN DE LA OBRA CIVIL PARA LA INSTALACIÓN DE LAS PLANTAS

A continuación, se describen los trabajos de construcción de los recintos en que serán instaladas las plantas. En ambas ubicaciones ya descritas anteriormente, se realizarán los mismos trabajos con las especificaciones técnicas que a continuación se describen:

Suministro y colocación de relleno y preparación para banquetas según niveles de proyecto, con material de banco de 20 cm de espesor para formar terraplén con 100% de material de banco. Esto incluye el afine de terracerías para dar niveles de rasante de proyecto, acarreos, fletes, acamellonado, homogeneizado, tendido, compactado húmedo superior al 95% de su P.V.SM. de la prueba proctor estándar.

Habilitado y armado de acero de refuerzo en cimentación y trabes de liga, fy = 4200 kg/cm^2 del No. 3 al No. 8, incluye: materiales, traslapes, escuadras, silletas, separadores, izaje y colocación, materiales, mano de obra, equipo, herramienta menor, y lo necesario para su ejecución.

Cimbra común en cimentación y trabes de liga con madera de pino de 3a. Incluye el habilitado de cimbra, cimbrado, descimbrado, materiales, mano de obra, equipo, herramienta, y lo necesario para su ejecución.

Concreto premezclado estructural en cimentación y trabes de liga, f'c=250 kg/cm^2 T.M.A. 19 mm. Resistencia normar rev. 14.

Las estructuras que se deben construir para alojar los equipos, requieren de pilas de cimentación de 0.80 de diámetro y 7.00 m de profundidad, armadas con varilla de 1". Incluye perforación, acero y colado de concreto.

Castillos de sección 0.15 x 0.15 m, de concreto hecho en obra f'c= 150 kg/cm^2, agregado de 20 mm, incluye: cemento, arena, grava y agua, en revenimiento 8 a 10 cm, con revolvedora, 1 saco trompo, mano de obra de fabricación, bajas resistencias, cimbra a 3 caras con acabado común a 4 usos, armada con 4 varillas del número 4 (1/2"), y estribos a cada 0.25 m del número 2.

Dala o cadena de desplante de concreto, sección 0.10 x 0.20 m. con fabricación de concreto f'c= 200 kg/cm^2, agregado de 20 mm, incluye cemento, arena, grava y agua, en revenimiento 8 a 10 cm, con revolvedora, 1 saco trompo, y mano de obra para su fabricación, altas resistencias, cimbra acabado común a 4 usos, armada con 4 varillas del número 3 (3/8"), del número 2.5 (1/4") y estribos a cada 0.15 m del número 2.5.

Rampa de escalera de 0.90 x 4.40m de concreto f'c= 250 kg/cm^2 de 10 cm de espesor armada con doble parrilla de 3/8" @ 20 cm. Incluye cimbra, acero y concreto.

Puerta de 0.90 x 2.13 multipanel de 6 tableros incluyendo marco de lámina, cerradura de pomo y botaguas.

Pintura vinílica en fachadas incluyendo una mano de sellador y dos manos de pintura.

Limpieza gruesa durante el transcurso de la obra incluyendo recolección de escombro y basura y acarreo fuera de la obra.

Aplanado de mezcla cemento arena proporción 1:4 en fachadas exteriores acabado fino. Limpieza fina de las superficies aplanadas, incluyendo pisos, ventanas, muebles de baño.

Losa de 20 cm de espesor hecha a base de vigueta de alma llena (alma cerrada) de 0.14 x 0.11 x 5.50 m, marca Rocacero, bovedilla de tepexil 75 x 25 x 16 cm marca Rocacero. Incluye capa de compresión de 0.05 m con concreto 200 Kg/cm^2 agregado de 20 mm, cemento normal revenimiento 8 a 10 cm, acarreo horizontal a una distancia de 5.00 m, a una altura de 3.00 m elevado con bote malla electro soldada 66-1010 rollo de 100 m, mano de obra y herramienta.

Entortado sobre losa de concreto para dar pendientes del 2%, a base de mezcla cemento cal arena 1:1:10 en 2 cm de espesor.

Muro de Block hueco 12x20x40 cm (60 kg/cm^2) acabado aparente, asentado con Mezcla cemento arena 1:4, Refuerzo horizontal a cada 3 Hiladas, elevación manual a una altura de 10.00 m.

Armaduras de alma abierta hechas con ángulo estructural, incluye fabricación, montaje y pintura anticorrosiva y, por último, se dará tratamiento de impermeabilización en frio a base de productos BASFT.

a) Plantas de Ósmosis Inversa.

La distribución de las instalaciones para las plantas de ósmosis inversa, comienzan con el ingreso a través del pasillo de acceso, este espacio se conforma de las siguientes áreas, área de oficina, área de almacén, área de manifold, área de tren de filtros multimedia, área de módulo de ósmosis, área de tableros de control y fuerza de pozos, área de tableros de control y fuerza de módulo de ósmosis, y área de bombas dosificadoras.

Cuenta con un solo acceso por medio de 1 puerta abatible doble de tipo cuarto técnico con persianas fabricada en lámina calibre 18 con marco de 10 cm., cerradura y jaladera integrada, acabado con pintura electrostática color blanco, la ventilación será por medio de 7 ventanas corredizas de aluminio color blanco.

A excepción de la oficina y el almacén, las demás áreas se distribuyen en el mismo espacio sin muros divisorios con un área de 490.25 m^2, divididos entre sí por un pasillo de circulación para la operación de los equipos encada zona, los equipos perimetrales cuentan a nivel de piso con una rejilla tipo Irving de 20 cm. De ancho registrable y su función es para recoger y contener líquidos.

La planta de ósmosis inversa tiene una altura interior de 3.90 metros.

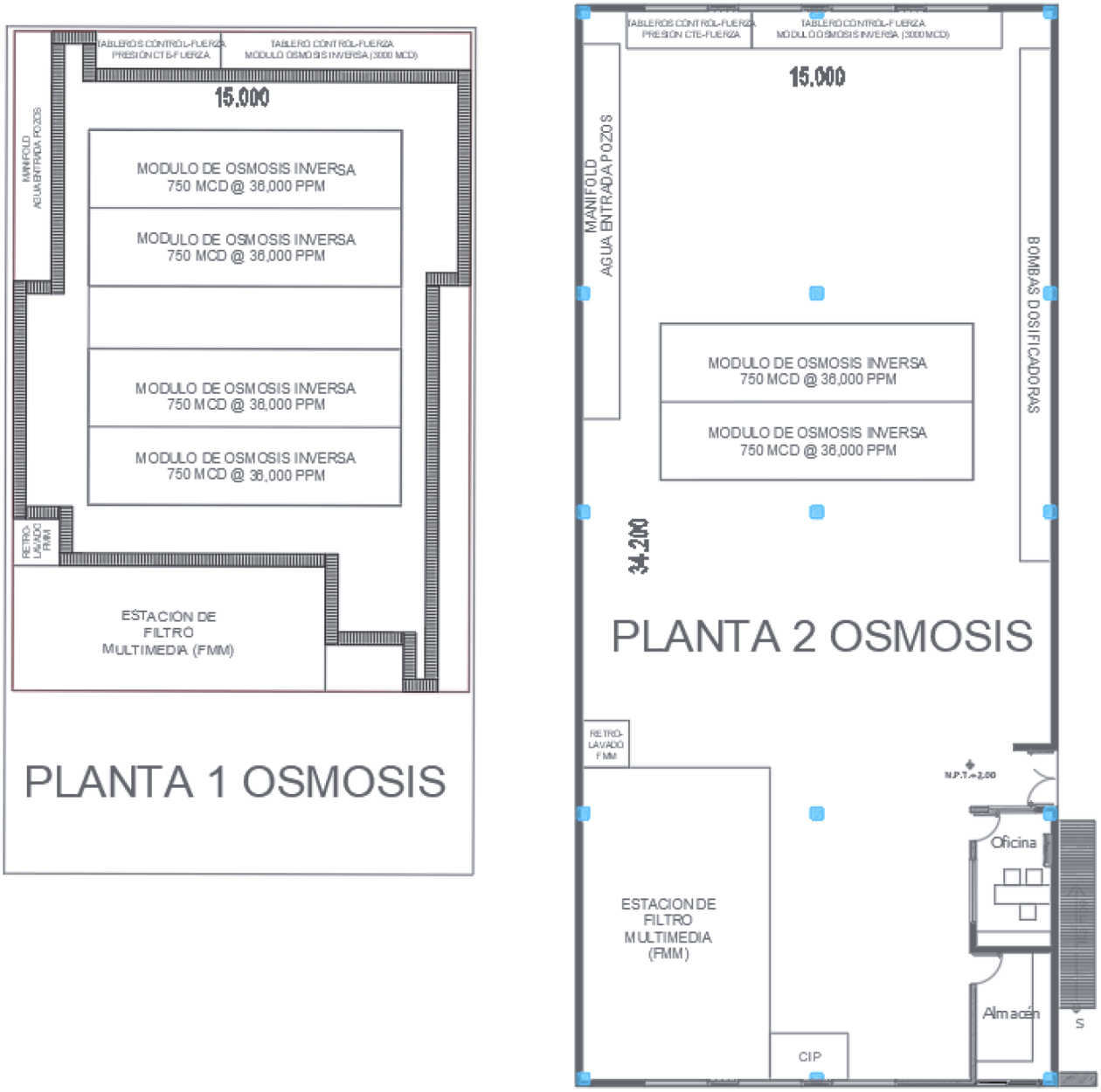
Área de oficina:

Es un espacio rectangular de 2.40x4.30 m. Con un área de 10.50 m^2, y una altura interior de 3.90 m, la ventilación será por medio de 2 ventanas corredizas de aluminio color blanco, con 1 puerta abatible sencilla de tipo cuarto técnico con persianas fabricada en lámina calibre 18 con marco de 10 cm, cerradura y jaladera integrada, acabado con pintura electrostática color blanco, el acabado del piso será tipo epóxico industrial multicapa antideslizante color gris normalizado.

Los acabados en muros rodapié en interior con pintura esmalte Sayer, línea Rocket color gris normalizado y el acabado en muros y plafones con pintura marca Comex pro1000 color blanco. Área con aire acondicionado tipo minisplit.

Área de almacén:

Es un espacio rectangular de 2.40x4.07 m. Con un área de 9.98 m^2, y una altura interior de 3.90 m, la ventilación será por medio de 1 ventana corrediza de aluminio color blanco, con 1 puerta abatible sencilla de tipo cuarto técnico con persianas fabricada en lámina calibre 18 con marco de 10 cm., cerradura y jaladera integrada, acabado con pintura electrostática color blanco, el acabado del piso será tipo epóxico industrial multicapa antideslizante color gris normalizado. Acabado en muros rodapié en interior con pintura esmalte Sayer, línea Rocket color gris normalizado y el acabado en muros y plafones con pintura marca Comex pro1000 color blanco.



Esta imagen muestra los planos de la distribución de los diferentes componentes de las plantas de ósmosis inversa. La primera de ellas, con cuatro módulos de 750 MCD@36000PPM (metros cúbicos diarios de agua con concentración de sales de 36 mil partes por mil) para 2,000 habitaciones y la segunda con dos módulos de 750 MCD@36000PPM para dar servicio a 1,000 habitaciones.

b) Plantas de Tratamiento de aguas residuales.

Componentes constructivos de la planta de tratamiento de aguas residuales No. 1

CIMENTACION

- **Terracerías**. Se hará una plataforma de terracería de 25 cm de espesor para tener una superficie nivelada y resistente para el ingreso de las maquinas piloteadoras.
- **Pilas de cimentación**. El edificio se soportará por pilas de concreto de 0.80 m. de diámetro y 11.00 m. de profundidad, armadas con varillas de 1" y estribos de ½".
- **Dados de cimentación**. Posteriormente al colado de las pilas, éstas se demolerán un metro en su parte superior para arma los dados de cimentación, los cuales tendrán 1.00 m. por cada lado y estarán armados con parrillas de varilla de ½"
- **Trabes de cimentación**. Todos los dados estarán unidos entre sí por trabes de cimentación. Dichas trabes soportaran a la losa de cimentación.
- **Losa de cimentación**. Se colará a 0.85 m por arriba del terreno natural y constará de dos secciones. La primera sección está ubicada en el área de oficinas y planta de osmosis, ésta losa será de doble vigueta y bovedilla de cemento con un peralte total de 25 cm. La segunda sección será una losa maciza de concreto de 20 cm de espesor, armada con doble parrilla de varilla de ½" ubicada en el área de los tanques de la planta de tratamiento de aguas residuales.

ESTRUCTURA

- Columnas de concreto. El edificio se soportará por columnas de concreto de 40 x 80 cm. armadas con 10 varillas de 1", las cuales irán desde los dados de cimentación hasta la losa de azotea.
- Losa nivel 1. Se construirá con doble vigueta y bovedilla de cemento, con un peralte total de 25 cm.

- Losa nivel 2. Se construirá con doble vigueta y bovedilla de cemento, con un peralte total de 25 cm. En ese mismo nivel se construirán de concreto macizo, los pasillos que van sobre los reactores biológicos.
- Losa de azotea. Se hará a base de trabes principales de armaduras de alma abierta de 0.80 m. de peralte y trabes secundarias tipo joist de 0.50 m. de peralte; lamina romsa cal. 18; losa de concreto f´c=250 kg/cm2. Reforzada con malla-lac 6x6/8-8
- Muros de concreto. Los muros de los tanques de regulación, reactor biológico y reserva, se harán de 30 cm. de espesor, de concreto "Duramax autosellante" de 300 kg/cm2, con impermeabilizante integral marca Cemex, armados con doble parrilla de varilla de ½"
- Rampa de escalera. Se hará con una losa maciza de concreto f´c= 250 kg/cm2 de 20 cm. de espesor, armada con varilla de ½".
- Muros de block. Los muros interiores y de fachada se harán con block de cemento de 15 x 20 x 40 cm reforzados con castillos de concreto de 15 x 20 cm

Componentes constructivos de la planta de tratamiento de aguas residuales No. 2

CIMENTACION

- Terracerías. Se hará una plataforma de terracería de 25 cm. De espesor para tener una superficie nivelada y resistente para el ingreso de las maquinas piloteadoras
- Pilas de cimentación. El edificio se soportará por pilas de concreto de 0.80 m. de diámetro y 11.00 m. de profundidad, armadas con varillas de 1" y estribos de ½".
- Dados de cimentación. Posteriormente al colado de las pilas, éstas se demolerán un metro en su parte superior para arma los dados de cimentación, los cuales tendrán 1.00 m. por cada lado y estarán armados con parrillas de varilla de ½"
- Trabes de cimentación. Todos los dados estarán unidos entre sí por trabes de cimentación. Dichas trabes soportaran a la losa de cimentación.
- Losa de cimentación. Se colará a 0.85 m por arriba del terreno natural y constará de dos secciones. La primera sección está ubicada en el área de oficinas y planta de osmosis, ésta losa será de doble vigueta y bovedilla de cemento con un peralte total de 25 cm. La segunda

sección será una losa maciza de concreto de 20 cm. de espesor, armada con doble parrilla de varilla de ½" ubicada en el área de los tanques de la planta de tratamiento de aguas residuales.

ESTRUCTURA

- Columnas de concreto. El edificio se soportará por columnas de concreto de 40 x 80 cm. armadas con 10 varillas de 1", las cuales irán desde los dados de cimentación hasta la losa de azotea.
- Losa nivel 1. Se construirá con doble vigueta y bovedilla de cemento, con un peralte total de 25 cm.
- Losa nivel 2. Se construirá con doble vigueta y bovedilla de cemento, con un peralte total de 25 cm. En ese mismo nivel se construirán de concreto macizo, los pasillos que van sobre los reactores biológicos.
- Losa de azotea. Se hará a base de trabes principales de armaduras de alma abierta de 0.80 m. de peralte y trabes secundarias tipo joist de 0.50 m. de peralte; lamina romsa cal. 18; losa de concreto f´c=250 kg/cm2. Reforzada con malla-lac 6x6/8-8
- Muros de concreto. Los muros de los tanques de regulación, reactor biológico y reserva, se harán de 30 cm. de espesor, de concreto "Duramax autosellante" de 300 kg/cm2, con impermeabilizante integral marca Cemex, armados con doble parrilla de varilla de ½"
- Rampa de escalera. Se hará con una losa maciza de concreto f´c= 250 kg/cm2 de 20 cm. de espesor, armada con varilla de ½".
- Muros de block. Los muros interiores y de fachada se harán con block de cemento de 15 x 20 x 40 cm reforzados con castillos de concreto de 15 x 20 cm

Instalaciones de las plantas de tratamiento de aguas residuales. Las instalaciones que se requieren para la instalación de las plantas de tratamiento de aguas residuales, consisten en un edificio rectangular de 71.10 m de largo por 34.60 m ancho y 12 metros de altura, conformado por Planta Baja, Planta nivel 1, Planta Nivel 2 y Planta de cajones de estacionamiento en el techo.

El edificio de la planta No. 2 destinada para el hotel de mil habitaciones, se encuentra orientado de Norte a Sur, y cuenta con un acceso principal en la fachada Este. Cuenta también con una rampa de vehicular en el lado Este para dar acceso al estacionamiento ubicado en el techo del edificio.

Planta baja. En la planta baja se encuentra el patio de maniobras que da acceso al edificio por medio de una rampa o escalones a los pasillos, vestíbulos y escaleras, éste tiene un desnivel de 87.5 cm, con respecto a nivel de piso terminado de la Planta Baja, en el interior el edificio se divide en 3 zonas:

1.- Patio de maniobras.

2.- Zona de equipos de las plantas de tratamiento de aguas residuales.

3.- Zona de tratamiento de agua de las plantas de tratamiento de aguas residuales.

1.- PATIO DE MANIOBRAS

Es un espacio rectangular de 19.20 x 8.05 m con 154.56 m^2, con una altura libre interior de 11.05 m. se conforma de una rampa de 1.20 metros de ancho y escalones de 1.30 m, de ancho. El piso del patio de maniobras será de concreto con acabado color natural rayado o barrido.

2.- ZONA DE EQUIPOS

Se accede a través de una rampa y/o escalera que lleva al pasillo de acceso, a la escalera y al vestíbulo de la zona de equipos, donde se encuentran el área para bombas, área para sopladores, área de filtro de prensa, área de dosificación de coagulante y área de dosificación de cloro.

a) Área de bombas:

Es un espacio rectangular de 4.30 x 6.50 m con un área de 28.31 m^2 y una altura interior de 3.20 m. La ventilación será por medio de dos vanos con Louvers de aluminio color blanco, con una puerta abatible doble de tipo cuarto técnico, con persianas fabricada en lámina calibre 18 con marco de 10 cm, cerradura y jaladera integrada, acabado con pintura electrostática color blanco, el acabado del piso será tipo epóxico industrial multicapa antideslizante color gris normalizado. Acabado en muros rodapié en interior con pintura esmalte Sayer, línea Rocket color gris normalizado y el acabado en muros y plafones con pintura marca Comex pro1000 color blanco.

b) Área de sopladores:

Es un espacio rectangular de 4.30 x 9.15 m, con un área de 40.08 m^2, y una altura interior de 3.20 m, la ventilación será por medio de tres vanos con Louvers de aluminio color blanco, con 2 puertas abatibles de tipo cuarto técnico con persianas fabricada en lámina calibre 18 con marco de 10 cm, cerradura y jaladera integrada, acabado con pintura electrostática color blanco, el acabado del piso será tipo epóxico industrial multicapa antideslizante color gris normalizado. Acabado en muros rodapié en interior con pintura esmalte Sayer, línea Rocket color gris normalizado y el acabado en muros y plafones con pintura marca Comex pro 1000 color blanco.

c) Área de filtro de prensa:

Es un espacio rectangular de 13.80 x 12.35 m, con un área de 158.61 m^2 y una altura interior de 3.20 m, la ventilación será por medio de siete vanos con Louvers de aluminio color blanco, con 1 puerta abatible doble de tipo cuarto técnico con persianas, fabricada en lámina calibre 18 con marco de 10 cm, cerradura y jaladera integrada, acabado con pintura electrostática color blanco. El acabado del piso será tipo epóxico industrial multicapa antideslizante color gris normalizado. Acabado en muros rodapié en interior con pintura esmalte

Sayer, línea Rocket color gris normalizado y el acabado en muros y plafones con pintura marca Comex pro1000 color blanco.

d) Área de dosificación de coagulante:

Es un espacio rectangular de 4.10 x 3.50 m, con un área de 14.59 m^2 y una altura interior de 3.20 m, la ventilación será por medio de 1 ventana corrediza de aluminio color blanco, con 1 puerta abatible sencilla de tipo cuarto técnico con persianas fabricada en lámina calibre 18 con marco de 10 cm, cerradura y jaladera integrada, acabado con pintura electrostática color blanco, el acabado del piso será tipo epóxico industrial multicapa antideslizante color gris normalizado. Acabado en muros rodapié en interior con pintura esmalte Sayer, línea Rocket color gris normalizado y el acabado en muros y plafones con pintura marca Comex pro1000 color blanco.

e) Área de dosificación de cloro:

Es un espacio rectangular de 4.10 x 3.50 m, con un área de 14.59 m^2 y una altura interior de 3.20 m, la ventilación será por medio de 1 ventana corrediza de aluminio color blanco, con 1 puerta abatible sencilla de tipo cuarto técnico con persianas fabricada en lámina calibre 18 con marco de 10 cm, cerradura y jaladera integrada, acabado con pintura electrostática color blanco, el acabado del piso será tipo epóxico industrial multicapa antideslizante color gris normalizado. Acabado en muros rodapié en interior con pintura esmalte Sayer, línea Rocket color gris normalizado y el acabado en muros y plafones con pintura marca Comex pro1000 color blanco.

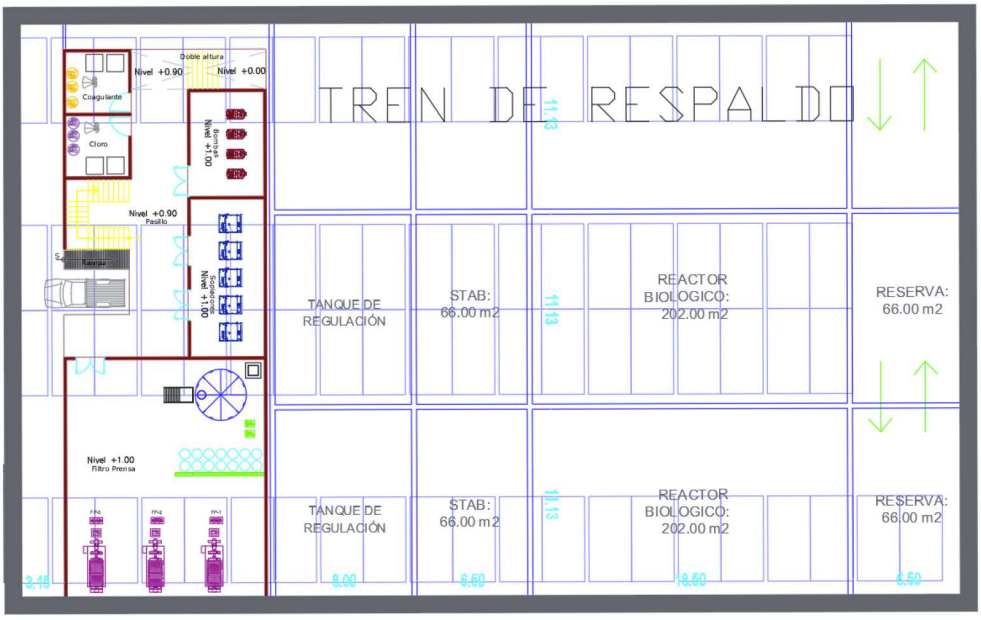
f) Escalera:

Es un espacio rectangular de 3.80 x 4.20 m, con un área de 15.96 m^2, que comunica a los niveles 1 y 2, y en el nivel 2, con pasamanos metálico en un extremo, la escalera será de concreto armado, el acabado del piso en las huellas y peraltes será tipo epóxico industrial multicapa antideslizante color gris normalizado y el acabado de sus costados con pintura marca Comex pro1000 color blanco.

3.- ZONA DE TRATAMIENTO DE LAS AGUAS

A nivel de planta baja se desplantan 2 trenes de tratamiento, los espacios donde se instalarán serán construidos en concreto con impermeabilizante integral, con acabado final aparente. Esta zona es totalmente

hermética ya que no cuenta con vanos de ventilación. Se trata de una zona forzada que consta de un área de tanque de regulación, un área de estabilización, un área de reactor biológico y un área de reserva de aguas tratadas. La altura interior es de 7.85 metros hasta nivel de piso terminado de pasillo de supervisión en el nivel 2.



a) Área de tanque de regulación (por cada tren):

Es un espacio rectangular de 6.00 x 11.00 m. Con un área de 66.00 m^2, y una altura interior de 7.85 m, totalmente hermético, solo con ventilación forzada, acabado final en concreto aparente.

b) Área de estabilización (por cada tren):

Es un espacio rectangular de 3.00 x 11.00 m, con un área de 33.00 m^2, y una altura interior de 7.85 m, totalmente hermético, solo con ventilación forzada, acabado final en concreto aparente.

c) Área de reactor biológico (por cada tren):

Es un espacio rectangular de 19.00x11.00 m. Con un área de 209.00 m2, y una altura interior de 7.85 m, totalmente hermético, solo con ventilación forzada, acabado final en concreto aparente.

d) Área de reserva (por cada tren):

Es un espacio rectangular de 6.50x11.00 m. Con un área de 71.50 m^2, y una altura interior de 7.00 m, se accede únicamente por la escalera del nivel 2 que desciende la escalera cuenta con un pasamanos metálico en un extremo, la escalera será de concreto armado, el acabado del piso en las huellas y peraltes será tipo epóxico industrial multicapa antideslizante color gris normalizado y el acabado de sus costados con pintura marca Comex pro1000 color blanco.

2.6 ETAPA DE INSTALACIÓN Y OPERACIÓN

2.6.1. PROGRAMA DE TRABAJO PARA OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LAS PLANTAS DE POTABILIZACIÓN

Como ya se vio en los apartados anteriores, los equipos de purificación de agua por el método de ósmosis inversa, funcionan de manera automatizada, por lo que la operación manual es mínima, cada equipo cuenta con sensores que registran cambios sensibles y que de manera autónoma apagan el equipo a la menor variación de presión o voltaje.

Esta función trabaja tanto en la etapa de captación como de rechazo. De igual forma se consideran equipos independientes con capacidad de suministro para 1.5 MCD por habitación, para mayor efectividad de mantenimiento, operación y rotación en caso de reemplazo de componentes garantizando su funcionamiento aún al 50% de capacidad de producción.

Para reforzar la seguridad de operación óptima, también se contemplan pozos de respaldo para cada planta, dando mayor oportunidad de rotación y menor desgaste en cada pozo.

El producto que se maneja es agua potabilizada, por lo que no es un producto ni toxico ni contaminante. El rechazo del agua después de la purificación es agua salada a una concentración del 150 al 160% de Sólidos Totales Disueltos (TDS por sus siglas en inglés) de alimentación.

Este producto se descarga a través de tubería PVC cédula 40 en pozos con registros de concretos y ranurados a una profundidad de 100 metros, lo que da seguridad para que no haya incidentes de impacto ambiental en el manto freático.

Los componentes principales de cada módulo de 750 MCD@36000PPM (metros cúbicos diarios de agua con concentración de sales de 36 mil partes por mil), son los siguientes:

1. BOMBEO DE REALCE DE AGUA CRUDA PARA EL PRE-TRATAMIENTO. Bombeo de realce para elevar la presión de agua del sistema de almacenamiento de agua cruda y entregarla al Pre-tratamiento a la presión y volumen requerido.

Flujo:	345 gpm Operación: automática desde RO
Tipo:	Grundfos Sumergible Caja eléctrica: en pozo
Manómetro:	70 psi
Válvula Check:	4” PVC cal 80 Plomería: 4” PVC cal 80
Carcasa:	Inoxidable 316 Marca: Grundfos
Motor:	25 HP, 440 volts.
Caja eléctrica:	en pozo
Operación:	automática desde RO

Imagen del Módulo de ósmosis inversa de 750 MCD@36,000PPM provista por **H2O Inter Pro France®**.

2. FILTRACION MULTIMEDIA. El sistema de filtración multimedia es usado para filtrar arena y sedimentos (turbidez) hasta aproximadamente 20-30 micrones.

Medidas tanque:	48 x 72 Conexiones: 3”
Cantidad de tanques:	4 Flujo: 345 GPM
Cantidad de filtrantes:	5 Secuencia: automática
Contenido de la filtración:	Grava, Garnet, Arena Sílica, Antracita

Imagen del Módulo Filtración multimedia automática de las plantas elegidas para el servicio del Proyecto autorizado mediante bitácora 23QR2018TD152.

3. SISTEMA DE BOMBA DE DOSIFICACION. Requerida para bombear y dosificar automáticamente el agua de alimentación del Pre-tratamiento o el agua producto de la planta de osmosis inversa. las bombas dosificadoras son muy importantes para el tratamiento de aguas, sobre todo porque gracias a ellas es posible suministrar los químicos adecuados en el caudal de agua que se desea tratar y así convertirla en un líquido apto para los requerimientos del hotel.

   Se trata de bombas altamente especializadas que tienen como objetivo central inyectar químicos de manera constante en el fluido; no obstante, para lograr este objetivo, es menester tener un control preciso del volumen de químicos que se agregarán Las bombas dosificadoras van dentro de una línea de producción con lo cual se pretende incluir un líquido dentro del proceso.

   Las bombas dosificadoras son un mecanismo que permite proporcionar la cantidad exacta de algún químico o material de manera precisa y automatizada para optimizar una operación; por estas características es que se han convertido en una de las tecnologías más adecuadas para el sector industrial. Las especificaciones de este sistema de dosificación son las siguientes:

Marca:	GRUNDFOS
Modelo:	DMS series
Flujo:	0.63 GPH
Carcasa:	Polipropileno/ PVDF
Controles:	Stoke Length y percentage rate
Aplicación:	Pre-smbs, pre-anti scalant, post-soda ash, y post-cloro.

4. TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE QUIMICOS DE 50 GAL. Diseñado para ser utilizado en la mayoría de las unidades de ósmosis inversa estándar y sistemas de filtración de agua. Rosca universal de la válvula. Se trata de tanques de almacenamiento de alta calidad, fabricados con Polietileno resistente de alta densidad, para operar durante años de servicio incluso en condiciones ambientales extremas.

5. MEZCLADOR INDIVIDUAL MOTORIZADO

6. CONTROL INDIVIDUAL DE BAJO NIVEL

7. SISTEMA AUTOMATICO DE OSMOSIS INVERSA. Estos sistemas, desprovistos de medidores, válvulas y caudalímetros típicos, son operados por un controlador de computadora autónomo que gestiona y ajusta continuamente las presiones y flujos del sistema, utilizando un software especial y válvulas de medición automáticas para proporcionar un funcionamiento autónomo confiable. Toda la interfaz con el sistema es a través de la pantalla táctil HMI. Los sistemas también incluyen la capacidad de monitoreo remoto utilizando un punto de acceso inalámbrico que se puede conectar con un enrutador inalámbrico local. Las características y especificaciones de este sistema son las siguientes:

Basado en agua cruda de 36,000 NPPM @ 25° Celsius	
Flujo de Agua Cruda:	345 GPM
Flujo de Rechazo:	207 GPM
Flujo de Producto:	198,150 GPD (750 MCD/ 138 GPM)
Recuperación:	40 %
Presión de Alimentación:	60 PSI
Calidad de agua producto:	≤ 400 PPM/TDS

ESPECIFICACIONES TECNICAS DE CADA MODULO

ESTRUCTURA. El sistema viene instalado sobre una estructura de acero inoxidable 304.

BOMBA DE ALTA PRESION. Bomba de alta presión de uso rudo y de material resistente a la corrosión.

Marca:	Grundfos
Modelo:	BMS
Internos:	Inoxidable
Tipo:	316 L

MOTOR DE ALTA PRESION. El motor para alta presión viene para aplicaciones industriales. El motor viene diseñado para trabajar 24 horas diarias.

Marca:	Grundfos
Modelo	Siemens
HP:	160 hp
Voltaje:	440 V, 3F, 60 Hz

VASOS DE PRESION PARA OSMOSIS INVERSA. Tubos o vasos de presión para trabajo pesado, fabricados en fibra de vidrio.

Marca:	Codeline
Modelo:	SW 1,000 psi

RECUPERADOR DE ENERGÍA. Turbo para incrementar la presión aprovechando la presión del rechazo del módulo, reduciendo hasta en un 30% la capacidad nominal del motor de alta presión

Marca:	PEI o FEDCO
Material:	Acero Inoxidable Duplex 2205

MEMBRANAS PARA OSMOSIS INVERSA. Las membranas de Osmosis Inversa usadas para esta aplicación son membranas enrolladas en espiral de acetato de celulosa.

Marca:	FILMTEC Modelo: SW C5
No. Etapas:	1
Total de membranas:	49
Diseño de recuperación:	40%
Presión de Operación:	910 PSI

PUERTOS DE MUESTREO DE AGUA PRODUCTO. Los puertos de muestreo estarán colocados en cada vaso de presión que permitan la evaluación de la calidad del agua producto.

TABLERO PRINCIPAL. Totalmente cerrado con protección clase NEMA aprobado por UL.

MEDIDORES DE CAULDAL DE AGUA PRODUCTO. El medidor lee confiablemente el caudal del agua producto producido por el sistema. El sistema leerá el flujo del agua con un MAG METER para mayor exactitud y envía la señal a través de PLC a la pantalla.

Marca: +GF+Signet Modelo:	3-2551 Series.

MEDIDORES DE CAUDAL DE AGUA RECHAZO. El medidor lee confiablemente el caudal de agua rechazo producido por el sistema. El sistema leerá el flujo de agua con un MAG METER para mayor exactitud y envía la señal a través del PLC a la pantalla.

Marca:	+GF+Signet
Modelo:	3-2551 Series

MANOMETROS DE PRESION. De 2.5” de diámetro en acero inoxidable relleno de glicerina instalado en el tablero de control principal para máxima visibilidad.

Marca:	Wika o similar
Cantidad:	6

VALVULA ACTUADORA DE BLOQUEO DEL AGUA DE ALIMENTACION. Bloqueara la entrada de agua de alimentación, activándose cada corte de operación de la máquina de Osmosis Inversa, esto asegura flujo nulo para la máquina de Osmosis Inversa.

Marca:	Asahi o equivalente.

CONTROLADOR LOGICO PROGRAMABLE (PLC). El controlador lógico programable permite un exacto monitoreo y control de las diferentes funciones de la planta de osmosis inversa.

Marca: Mitsubishi Modelo: FX3U Series.

PANTALLA (TACTIL). Dentro de las características del sistema se incluye una pantalla que permite visualizar las diferentes funciones de la planta de Osmosis Inversa. Se programa en español.

Marca: Mitsubishi Modelo: GOT 1000

COMPONENTES ELECTRICOS VISIBLES. Todos los contactores, arrancadores, arrancadores magnéticos, relees de sobrecarga, regletas de contacto, fusibles del circuito, interruptores y luces indicadoras. Todos estos componentes están listados y aprobados por la UL.

Marca: Allen Bradley o equivalente.

INTERRUPTORES DE SEGURIDAD. Todos los interruptores están diseñados para proteger a la pantalla de Osmosis Inversa de flujos y presiones inadecuados a la entrada y salida del sistema.

Marca:	ITT o DANFOSS
Modelo:	5-75 500-1500
Cantidad:	3
Material:	Inox

LUCES INDICADORAS Y SEÑALES AUDIBLES.

INTERRUPTOR PRINCIPAL DE APAGADO

FLOTADOR INTERRUPTOR DE AGUA PRODUCTO. Apagara el sistema de Osmosis Inversa cuando el tanque de almacenamiento de agua producto se encuentre lleno y arrancara cuando el nivel baje.

TUBERIA Y VALVULA PARA BAJA PRESION. Todos los tubos y válvulas de baja presión vienen en PVC rígido CED 80, y tubos flexibles de polietileno reforzado.

TUBERIA Y VALVULA PARA ALTA PRESION.
Todos los tubos y válvulas de alta presión vienen en Acero inoxidable 316L soldados y normalizados con gas argón

8. **CONTROL AUTOMATICO DE VOLTAJE/FASE**. Este equipo automáticamente va a monitorearse en línea el voltaje, frecuencia y voltaje en cada fase.
   Marca: ABB o equivalente Modelo: 440 V

9. **VARIADOR DE FRECUENCIA (VFD) PARA BOMBA/MOTOR DE ALTA PRESION**. Variador de frecuencia de nueva generación de alto poder digital que tiene múltiples funciones, incluyendo velocidad y configuración de parámetros. El equipo reduce las distorsiones armónicas y corrientes transitorias.
   Marca: DANFOSS 160 Hp

10. **PREFILTRACION**. Set de Filtros 5 micras integrados dentro del sistema

Marca: BIG BLUE o Similar Modelo:	BB 20
Material:	PVC

11. **MEDIDOR DE PH (AGUA PRODUCTO)** Este medidor reporta la cantidad de pH en forma continua y tiene parámetros por alta cantidad y baja cantidad.

Marca:	+GF+ Modelo: Serie 3-2750-2

12. **MEDIDOR DE SOLIDOS TOTALES DISUELTOS (AGUA CRUDA**) Este medidor reporta la cantidad de sólidos disueltos en forma continua y tiene parámetros por alta cantidad y baja cantidad de sólidos.

Marca:	+GF+ Modelo: Serie 3-2850-52

13. **MEDIDOR DE SOLIDOS TOTALES DISUELTOS (AGUA PRODUCTO)** Este medidor reporta la cantidad de sólidos disueltos en forma continua y tiene parámetros por alta cantidad y baja cantidad de sólidos.

Marca:	+GF+ Modelo: Serie 3-2850-52

14. **TUBERIA DE ALTA PRESION EN ACERO INOXIDABLE** Tubería en 316 en acero inoxidable anodizado del lado de alta de la planta de Osmosis Inversa.

Marca:	Inox Modelo: 316L

15. **SISTEMA DE LIMPIEZA CIP/ ENJUAGUE PARA LAS MEMBRANAS** Sistema para limpieza química/enjuague de las membranas para extender la vida y mantener las membranas la operación óptima.

Cajón de control:	NEMA 12 Plomería: PVC SCH 80
Tanque:	2,000 Litros Material del tanque: HDPE
Monitor de PH:	Digital Modelo: 8750 Series
Flujo: Inline Material:	Acrylic
Marca de la bomba:	Goulds Flotador: Nivel Bajo
Material de la carcasa:	304 Acero inoxidable Carcasa de filtros: 5 micras.

16. **PLOMERIA DE INTERCONEXION DEL SISTEMA.** Una vez entregada la obra civil y las redes hidráulicas y de plomería, se podrán realizar las interconexiones e instalar los componentes mencionados en esta descripción. La distancia permitida entre componentes no puede estar más de 6 metros (20 pies). Toda la plomería para las conexiones de agua cruda, rechazo y producto de esta propuesta deberán encontrarse al nivel de cero metros.

17. **ELECTRICIDAD Y DUCTOS DE INTRECONEXION DEL SISTEMA.** Una vez entregada la obra civil y los cableados y ductos eléctricos, se podrán realizar las interconexiones entre los componentes mencionados descritos. La distancia permitida entre componentes no puede estar más de 6 metros

(20 pies). Todas las conexiones del cableado y ductos de electricidad hasta todos los paneles principales de electricidad de esta propuesta deberán encontrarse al nivel de cero metros.

18. **SERVICIOS DE INSTALACION DE PLOMERIA Y ELECTRICIDAD** Una vez entregada la obra civil y los cableados, ductos eléctricos y plomería, se podrán realizar las interconexiones entre los componentes mencionados descritos.

19. **SERVICIO DE ARRANQUE, PUESTA EN MARCHA Y CAPACITACION.** Una vez entregada la obra civil y los cableados y ductos eléctricos, la empresa proveedora de los equipos, enviará un técnico calificado para las pruebas, arranque y puesta en marcha del sistema.

MANTENIMIENTO PREVENTIVO Y CORRECTIVO DE LOS EQUIPOS DE ÓSMOSIS INVERSA

Los equipos de ósmosis inversa requieren de cuidados y mantenimiento preventivo y correctivo. Idealmente una planta que opera adecuadamente debería trabajar entre tres y seis meses antes de necesitar mantenimiento.

Algunas veces, las plantas trabajan en situaciones críticas, como: aguas fuera de los parámetros recomendados, pretratamiento deficiente, diferentes fuentes de agua o cambios constantes en la calidad del agua. En este caso, el operador deberá estar al tanto de estos cambios y del efecto que cause en la planta para realizar ajustes lo más rápido posible. A continuación, se presentan los puntos de vigilancia y atención más relevantes en este tipo de equipos:

- Se debe mantener la planta bien resguardada; dañar una planta de ósmosis inversa es tan fácil como cerrar una válvula. Si es posible mantenga la planta bajo llave, o con candados a las válvulas.
- Cuidar muy bien la operación del tren de filtración: verificar que el filtro y el purificador de carbón activado retrolave al menos dos veces por semana, en caso de tener suavizador, que éste opere adecuadamente y no fugue dureza.
- Para el sistema inhibidor de incrustaciones, antincrustante o dispersante, habrá que tener un cuidado exhaustivo utilizando la concentración recomendada por el fabricante, revisando que el nivel del tanque de la solución del inhibidor o dispersante sea el adecuado, cuidar la operación de la bomba dosificadora y registrar los consumos del inhibidor o antincrustante.
- Nunca operar la planta si el sistema inhibidor de incrustaciones, antincrustante o dispersante no está funcionando, se debe contar siempre una bomba dosificadora de respaldo, y producto suficiente para una emergencia. En caso de requerir operar la planta, disminuya la recuperación al menos 20% y aumente el rechazo en la misma proporción.

- Registrar por lo menos una vez al día los parámetros de operación como: flujo de rechazo, flujo de permeado, presión de operación, y conductividad de agua producto, como mínimo. Así se puede detectar cualquier anomalía y reaccionar antes que suceda algo grave.
- Mantener una bitácora donde se anoten los parámetros de operación, calidad de agua de alimentación, calidad de agua producto y mantenimiento realizado a su planta.
- Calibrar los sensores e instrumentos de medición. Se deberán de calibrar al menos una vez por año los instrumentos de medición como: manómetros, flujómetros y conductivímetros.
- Mantener en inventario al menos un lote para limpiar las membranas, se deberá tener un limpiador ácido para incrustaciones de carbonatos, uno alcalino para eliminar contaminación biológica y biofilm y en caso de tener sílice, uno para sílice.
- Usar siempre limpiadores de buena calidad, los limpiadores de marca están formulados con un buffer que estabiliza el pH y evita daño a las membranas.
- Se debe monitorear los principales contaminantes del agua, por lo cual se recomienda analizar como mínimo: sólidos disueltos totales, dureza, pH, alcalinidad, fierro y sílice. Si se conocen estos enemigos de las membranas, se puede reaccionar más rápido en caso de un problema.
- Asegurar la válvula de rechazo. Se recomienda instalar un candado que evite que una persona ajena pueda cerrar la válvula que se encuentra en la línea de rechazo, ésta es una de las fallas más comunes y una de las más costosas.

Para los equipos que se han elegido para la potabilización de agua para el proyecto autorizado mediante bitácora 23QR2018TD152, se presenta una síntesis de operación y mantenimiento para cada uno de los módulos de 750MCD 36000 PPM:

1) **VERIFICAR ALIMENTACIÓN DE CORRIENTE 440 VOLTIOS.** El módulo de Ósmosis Inversa SWP SW DE CV trabaja con 440 voltios, 3 fases, 60 Hz.

2) **VERIFICAR NIVEL DE TANQUES DE QUÍMICOS.** El módulo cuenta con cuatro (4) tanques de químicos a dosificar. Dos (2) en pretratamiento (anti incrustante y anticorrosivo) y dos (2) en post tratamiento (balance de pH y cloración). Sin niveles mínimos no se puede operar el módulo. Siempre en operación debe trabajar la bomba del anti incrustante y el anticorrosivo. El anti incrustante a utilizar es un dispersante de AVISTA. La proporción de mezcla es de 1 litro de químico por 10 litros de agua de ósmosis sin cloro.
   IMPORTANTE: Es muy importante que los productos químicos se preparen con agua purificada producida por el módulo, no se deben preparar químicos con agua de pozo ni otro tipo de agua, si no se observa esta instrucción se dañaran las membranas irreversiblemente. La dosificación de anti incrustante se realiza a una concentración entre 3 a 4 ppm. La dosificación del cloro se realiza según la concentración requerida, normalmente es de 1.2 a 1.5 ppm (mg/l) en el flujo de agua producto de 137 GPM.
   Normalmente el cloro comercial es de concentración del 13%, si esto es así, se sugiere mezclar 1 litro de cloro por cada 3 litros de agua de ósmosis y dosificarlo hasta obtener la concentración requerida

(1.2 a 1.5 ppm) en la válvula de muestreo del flujo de agua producto que va hacia el tanque de almacenamiento de agua producto

El balance de PH del agua producto se realiza normalmente dosificando medio alcalino para obtener valores entre 7.4 a 7.6. En este caso se sugiere mezclar 12.5 kilos por cada 100 litros de agua purificada.

3) **VERIFICAR AGUA DE ENTRADA AL MÓDULO.** El agua a procesar por el módulo es proveniente de pozo, la cual no debe sobrepasar los 36,000 PPM de sólidos totales disueltos (TDS por sus siglas en inglés), pH de 8 y temperatura máxima de 32 grados centígrados.

El flujo de agua requerido por el módulo es de 345 GPM @ 60 psi, el cual es pasado por la etapa de filtración multimedia suministrada con el módulo. La diferencial de presión de agua antes y después de los filtros multimedia no debe sobrepasar de los 12-15 PSI, en tal caso se debe realizar retrolavado de filtros de lecho profundo. El SDI (coeficiente de ensuciamiento de membranas) del agua de alimentación a las membranas del módulo no debe ser mayor a 3 UI para evitar daño o contaminación de membranas de ósmosis.

a) Puesta en operación del módulo**.** Realizar revisión física del módulo verificando que todo está en orden y no existe ninguna fuga de agua en todos los equipos.
b) Accionar el interruptor totalizador a ON ubicado en la caja del tablero principal. Verificar también que todos los demás interruptores estén en ON.
c) Accionar el interruptor principal a PRENDIDO en el tablero de control. Se debe iluminar el interruptor y prender la pantalla HMI de operación.
d) Si no existe ninguna alarma en pantalla, ya se puede arrancar el módulo haciendo un toque en el interruptor prendido/apagado en la pantalla. De esta forma el módulo inicia su secuencia de arranque automático la cual es:
   Apertura de la válvula principal
   Verificación de parámetros de presión
   Arranque de bomba de alta presión
   Verificación de parámetros de flujo, presión, niveles, STD, pH.

Los parámetros generales que se deben monitorear diariamente son los siguientes:

- Flujo de producto:
- Flujo de Rechazo:
- TDS agua de entrada máximo:
- PH máximo de entrada:
- PH máximo de agua producto:
- PH mínimo de agua producto:
- Presión de agua de entrada:
- Diferencial máximo de filtros de 5 micrones (se deben reemplazar máximo cada 60 días)
- Presión de bomba de alta presión:
- Presión de premembrana:
- Presión de postmembrana:

- Diferencial de presión pre y pos membrana máximo:
- Presión máxima de flujo de producto:

NOTA$_1$: es muy importante que se registren los parámetros de arranque del módulo nuevo para que se conserven iguales si la calidad del agua de alimentación no varía considerablemente. En caso de variación se debe avisar inmediatamente al servicio técnico SWP.
NOTA$_2$: es muy importante que la temperatura del agua de entrada nunca sobrepase de los 32 grados centígrados; que la concentración de hierro no sobrepase 1.0 ppm y que no exista ningún rastro de cloro. El incumplimiento de lo anterior puede producir un daño irreversible en las membranas.
SWP entregará el siguiente formato de bitácora de operación para que sea llenado por el operador del módulo y allí se registren los parámetros diarios de operación:

SWP S.A. DE C.V.
HISTORIAL DE OPERACIÓN DE EQUIPOS DE OSMOSIS INVERSA
SERVICIO TECNICO TEL 998 880 99 34 CELS 998 214 85 00 CANCUN

Cliente:	
Equipo:	R.O. 750 MCD 36000 PPM

		PARAMETROS	LECTURAS DE OPERACION DEL SISTEMA	
	FECHA:			
	HORAS TRABAJADAS			
PRESION (PSI)	PRE FILTRO			
	POST FILTRO			
	BOMBA HP			
	HZ BOMBA HP			
	PREMEMBRANA			
	POST MEMBRANA			
	PRODUCTO			
	BOMBA POZO			
	ENTRADA MM			
	SALIDA MM			
(PSI)	FILTRO 5 MICRAS			
	PRE-POST MEMBRANA			
FLUJO (GPM)	PRODUCT0			
	FLUJO DE RECHAZO			
	ALIMENTACION			
TDS (PPM)	ALIMENTACION			
	PRODUCT0			
pH	ALIMENTACION			
	PRODUCTO			
AGUA ENT.	SDI			
	TEMPERATURA (°C)			
AMPERAJE	AMPERAJE GENERAL			
	VARIADOR BOMBA DE ALTA PRESION P			
	BOMBA POZO			
VOLTAJE	BOMBA HP			
TEM.	BOMBA HP			
	PRODUCCION TOTAL			

Cliente:	
Equipo:	R.O. 750 MCD 36000 PPM

		PARAMETROS	LECTURAS DE OPERACION DEL SISTEMA	
	FECHA:			
	DUREZA DE AGUA PROD.			
ANTI INCRUSTANTE	Nivel (lt)			
	Consumo Mezcla (lts)			
	Existencias			
ANTICORROSIVO	Nivel (lt)			
	Consumo Mezcla (lts)			
	Existencias			
SOSA CAUSTICA	Nivel(lt)			
	Consumo Mezcla (lts)			
	Existencias			
HIPOCLORITO SODIO	Nivel(lt)			
	Consumo Mezcla (lts)			
	Existencias			
OPERADOR:		Vo.Bo. Supervisor Hotel:		

OBSERVACIONES:	
	PRODUCCION DIARIA:
	CONSUMO PURO: CLORO: SOSA: ANT:
	CONSUMO POR M3: CLORO: SOSA: ANT:
	RETROLAVADO MM:

e) Una vez en operación el módulo se debe verificar que todo queda en orden, sin fugas y en correcta operación.
f) Cada que se arranque el módulo se tiene 5 minutos para que se normalicen los parámetros de operación sin que el módulo se apague por alguna alarma.
g) La temperatura del motor de la bomba de alta presión no debe sobrepasar la temperatura normal de operación según la placa después de los primeros 60 minutos de operación del módulo.

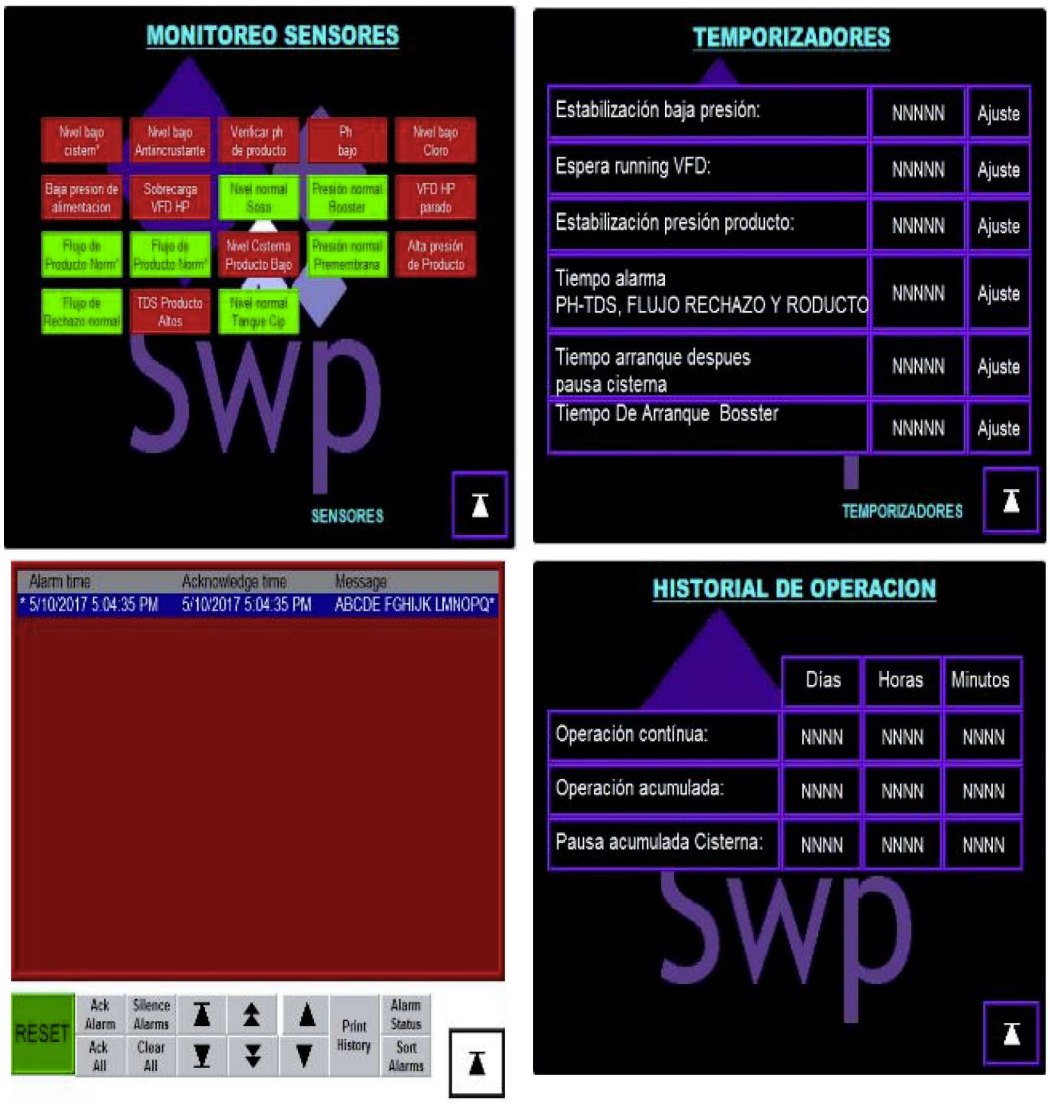
4) **FUNCIONES DE PANTALLA HMI DE OPERACIÓN.** Pantalla principal. Menú principal, silenciar alarmas, historial de operación y encender y apagar el módulo.

Historial de operación. Se muestra la operación continua en un solo evento hasta que se apague, la operación acumulada durante todo el tiempo de trabajo la cual no es posible hacer reset.

Silenciar alarma. Muestra el estado e historial de alarmas presentadas

Menú. Muestra diferentes estados a saber:

a) DOSIFICADORES: se usa para habilitar o deshabilitar los dosificadores de químicos.
b) TEST: Se pueden probar las funciones de los componentes del módulo. Se accede con clave, la cual se entregará al encargado exclusivamente.
c) TEMPORIZADORES: Se utiliza para calibrar algunos timers para la correcta operación del módulo. Se accede con clave.
d) CIP / ENJUAGUE: Es para operar el equipo de lavado químico y enjuague de membranas. Se accede con clave.
e) MANTENIMIENTO: es usado para hacer ajustes de pantalla y calibrar la hora. Se accede con clave.



5) **CICLO DE RETROLAVADO DE FILTROS MULTIMEDIA.** La función de estos filtros es retirar sólidos suspendidos mayores a 20 micrones contenidos en el agua a tratar.

Estos filtros tienen un tamaño de 48 x 72 pulgadas y tiene adentro 4 medios filtrantes los cuales son: grava, garnet, arena sílica y carbón antracita.

Es operado por una monoválvula automática que puede iniciar el ciclo de retrolavado en automático o manual. Se debe retrolavar cada 24 horas de operación. Estas válvulas están programadas para hacer este ciclo a una hora fija del día, solo se debe mantener la hora actual en el reloj interno de la válvula la cual debe tener corriente de forma permanente.

El ciclo de retrolavado es de 40 minutos, después de este tiempo automáticamente entra a servicio normal.

6) **CICLO DE ENJUAGUE Y LAVADO DE QUÍMICO DE MEMBRANAS (CIP).** La función de estos filtros es retirar sólidos suspendidos mayores a 20 micrones contenidos en el agua a tratar.

   Estos filtros tienen un tamaño de 48 x 72 pulgadas y tiene adentro 4 medios filtrantes los cuales son: grava, garnet, arena sílica y carbón antracita.

   Es operado por una monoválvula automática que puede iniciar el ciclo de retrolavado en automático o manual. Se debe retrolavar cada 24 horas de operación.

   Estas válvulas están programadas para hacer este ciclo a una hora fija del día, solo se debe mantener la hora actual en el reloj interno de la válvula la cual debe tener corriente de forma permanente. El ciclo de retrolavado es de 40 minutos, después de este tiempo automáticamente entra a servicio normal.

7) **CICLO DE ENJUAGUE Y LAVADO DE QUÍMICO DE MEMBRANAS (CIP).** Este ciclo es utilizado para hacer enjuague de membranas con agua producto libre de cloro. Su función es retirar posibles sedimentaciones y contaminación orgánica adquiridas durante la operación normal.

   Se realiza con la bomba CIP (Clean In Place) operada desde la pantalla y accionando las válvulas correspondientes. Este ciclo se realiza cada que para el módulo y tiene un tiempo de espera de 10 a 15 minutos para realizarlo.

   Respecto al lavado químico de membranas se debe realizar máximo cada 6 meses. El lavado químico de las membranas se realiza con medios ácidos y alcalinos.

   Alcalino: Para retirar contaminación orgánica, se utiliza normalmente medio alcalino líquido y se disuelve en agua purificada. La solución de lavado se concentra a un pH de 11 y se circula con la bomba CIP hasta que se iguale el valor de PH en la entrada y salida de las membranas. Después de esto se deja en circulación el producto químico por espacio de tres a cuatro horas. Terminado lo anterior, se enjuagan las membranas hasta obtener un valor de PH de 7 a 7.5.

   Ácido: Para retirar contaminación inorgánica, se utiliza normalmente medio acido líquido y se disuelve en agua purificada. La solución de lavado se concentra a un PH de 2 y se circula con la bomba CIP hasta que se iguale el valor de PH en la entrada y salida de las membranas. Después de esto se deja en circulación el producto químico por espacio de tres a cuatro horas. Terminado lo anterior se enjuagan las membranas hasta obtener un valor de PH de 7 a 7.5.

   Flujos y presiones: Para un correcto lavado químico de las membranas del módulo se debe obtener un flujo de 140 gpm@40 psi. De esta forma se ha finalizado el lavado químico de las membranas. Igualmente se sugiere análisis microbiológico periódico del agua producida

8) CRONOGRAMA Y DESCRIPCIÓN DE MANTENIMIENTOS PREVENTIVOS ANUALES POR CADA MÓDULO DE 750 MCD A 36000 PPM

PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO Y CORRECTIVO DE LAS PLANTAS DE ÓSMOSIS INVERSA DEL HOTEL AL AÑO												
ACTIVIDADES	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Filtro Turbidex/Retrolavado. Diario												
Filtro Carbón Activado/Retrolavado. Diario												
Dosificación de reactivos/Reposición de antincrustante, control de pH y calcio/semanal												
Tubos de presión/Retrolavado/semanal												
Tubos de presión, Membranas/Limpieza Profunda/anual												
mantenimiento preventivo de motor bomba de alta presión (reemplazo de rodamientos)/anual												
mantenimiento preventivo de motor bomba de alta presión (lavado de rodamientos y reemplazo de grasa)												
mantenimiento preventivo de motor bomba CIP (reemplazo de rodamientos)												
lavado químico de membranas												
Mantenimiento de tableros eléctricos												
Revisión y calibración de sensores e instrumentación												
Reemplazo de filtros de sedimentos de 5 micras												

9) LISTADO DE MATERIALES Y CONSUMIBLES

Para la correcta operación de los equipos de potabilización de agua por el método de ósmosis inversa, se requerirán algunos materiales y substancias para su adecuado mantenimiento y óptima operación. A continuación, se detallan los materiales y consumibles que se requieren mensualmente para la operación y mantenimiento de los equipos de ósmosis inversa, para cubrir la totalidad de los requerimientos de las dos etapas del proyecto, que totaliza 3, 000 habitaciones:

LISTADO DE MATERIALES Y SUBSTANCIAS PARA LA OPERACIÓN DE LOS EQUIPOS DE ÓSMOSIS INVERSA	
Filtros de cartucho plegado de 4.5 X 20 X 5 micras	36 piezas/mes
Antincrustante VITEC	1,800 litros/mes
Sosa caustica	675 kilos /mes.
Cloro	6,750 litros /mes
Meta bisulfito (metabisulfito de sodio SI)	1,800 kilos /mes
Grasa móvil para motores de alta eficiencia	30 kilos /mes
Inoxel	6 galones /mes

Según el análisis realizado respecto de estas sustancias y materiales que se requieren para el mantenimiento y operación de las plantas de ósmosis inversa, y los listados de substancias peligrosas contenidas en el "Acuerdo por el que las secretarias de gobernación y desarrollo urbano y ecología, expiden el primer listado de actividades altamente riesgosas", ninguna de las sustancias indicadas en el cuadro anterior, se encuentra en estos listados.

2.6.2. PROGRAMA DE TRABAJO PARA OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LAS PLANTAS DE TRATAMIENTO

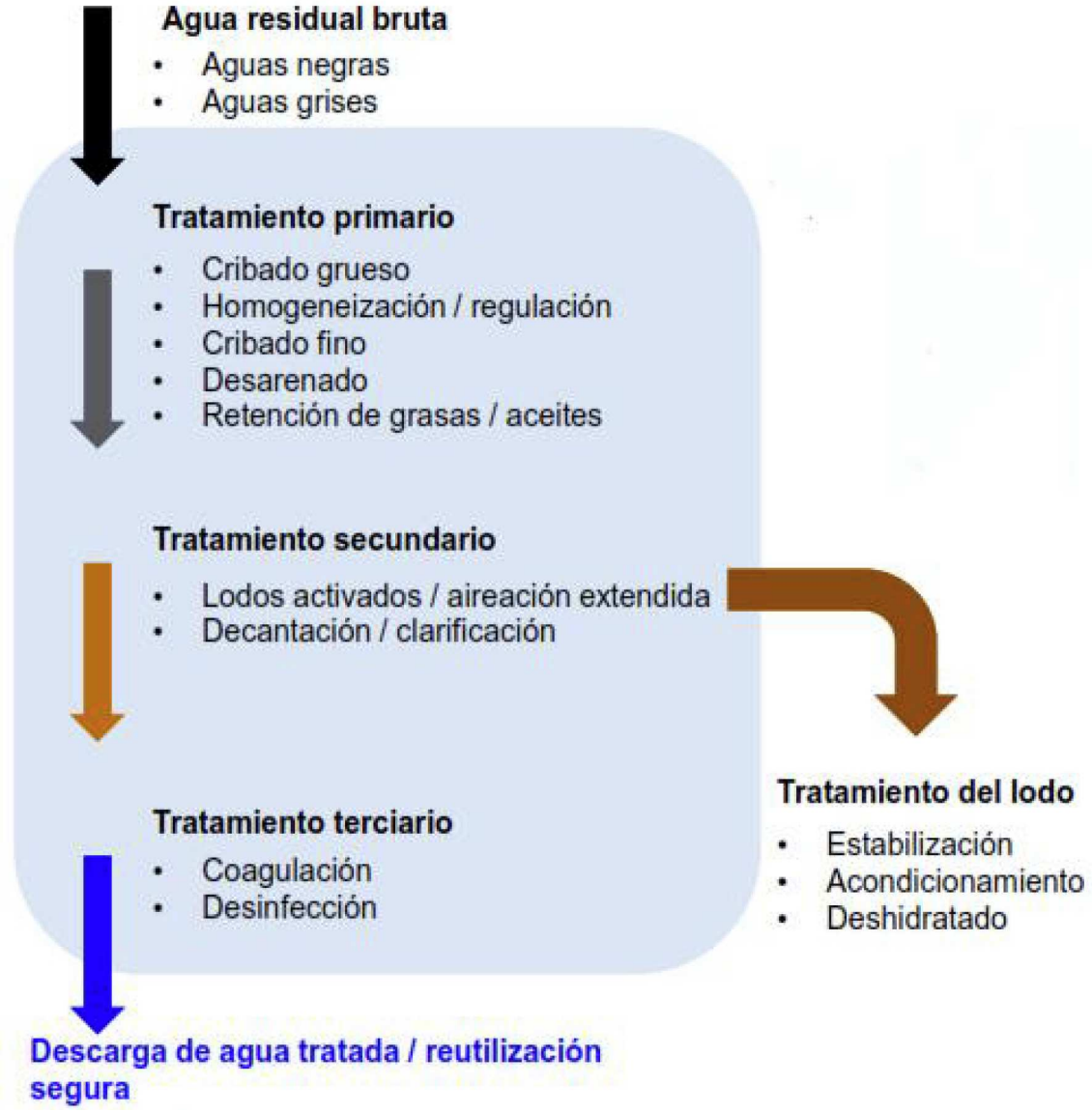
La instalación de los equipos que integrarán las plantas de tratamiento de aguas residuales se realizarán una vez que se tengan concluidos los trabajos de construcción de la obra civil, así como de los sistemas de alimentación eléctrica e hidráulica y que todos los locales cuenten con puertas y cerraduras.

Estas instalaciones serán revisadas para asegurar que no existan fugas en los tanques y que los acabados de resanes o de pinturas estén concluidos a satisfacción. También se verificarán las instalaciones eléctricas en locales o en zonas operativas, lo anterior para asegurase que las líneas de fuerzas eléctricas se encuentren balanceadas, sin que presenten variaciones importantes de voltajes.

Imágenes del personal que realizará el personal especializado de **H2O Inter Pro France®**, el cual realizará una visita de control para verificar la obra civil e instalaciones que se requieren para la instalación de los equipos.

Dos semanas previas a la fecha de entrega de los trabajos e instalaciones construidas para la instalación de las plantas, serán inspeccionadas y certificadas por el personal especializado de H2O Inter Pro France®, el cual realizará una visita de control y emitirá, en su caso, una relación de pendientes con objetivos y fechas para su atención y puesta en punto.

El proceso de tratamiento de las aguas residuales o grises que se ha seleccionado para el proyecto, consiste en tres fases o etapas: Un tratamiento primario, un tratamiento secundario y, por último, una tercera etapa en que se realiza el acondicionamiento del efluente para su reutilización en el riego de las áreas verdes del proyecto:



Tratamiento primario. Una de las principales características de los equipos que ofrece H2O Inter Pro France ®, están encaminadas a evitar o mitigar la propagación de olores en las diferentes fases del tratamiento, para lo cual los equipos están equipados con novedosas soluciones técnicas, sin embargo, durante la operación lo fundamental es mantener las tapas cerradas siempre con presión y reemplazar oportunamente los empaques desgastados por la operación.

Imágenes que muestran los tanques del tratamiento primario de los equipos, mismos que se caracterizan por ser herméticos y a prueba de la emisión de olores.

Regulación y homogeneización. Un primer tanque colector (REG), con un volumen útil de 1,280 m³ recibe el agua residual bruta bombeada desde los diferentes cárcamos del proyecto. En este tanque se permite la homogeneización del agua residual bruta, es decir, neutralizar el pH en caso de variaciones y estandarizar los parámetros físico-químicos del agua residual bruta que se incorpora al proceso.

Además, permite una regulación hidráulica de los flujos de proyecto. Las bombas de regulación alimentan el o los trenes de tratamiento. En caso de una instalación dúplex, se alternan los equipos y se procede a un arranque preferencial automático en caso de falla. En caso de contar con un equipo auxiliar de respaldo para varios trenes, la preferencia operativa se selecciona en pantalla táctil.

El tirante de agua es controlado mediante sensores de nivel (SN):

- SN-A-REG: inicio normal de bombeo
- SN-B-REG: apagado normal de bombeo
- SN-C-REG: cancela el tratamiento extendido en reactor biológico
- SN-D-REG: arranque forzado de los equipos de bombeo (alarma local y remota de nivel alto)

Los sensores de nivel son colocados por debajo de tapas herméticas en acero inoxidable. Una ménsula en acero inoxidable permite ajustar las alturas.

Cribado grueso. Un cribado grueso equipa el tanque de regulación. Las rejillas en acero inoxidable retienen los desechos de un tamaño > 2,5 cm. Tapas herméticas con un sistema de cierre a presión evitan la propagación de olores. Para la operación de los equipos, se debe verificar el retiro de los desechos o la limpieza de las rejillas, lo cual se debe realizar de 2 a 3 veces por semana (o más si necesario).

Cribado fino Separ Pro P ®. La tecnología Separ Pro P ® asegura el cribado fino del agua residual. Recibe el agua a presión de las bombas de regulación, permitiendo una retención de desechos de un tamaño > 3 mm mediante el uso de sacos desechables en poliéster.

Un manómetro indica la presión de trabajo y el nivel de saturación de cada saco. Un respiradero con filtración de aire mediante carbón activado evita la presurización del mueble y limita la propagación de olores. Cada mueble cuenta con una capacidad máxima de 5 LPS.

Durante la operación, se deberá realizar el cambio normal de saco de cribado, de una a dos veces por semana dependiendo de la cantidad de desechos contenidos en el agua residual y de la presencia o no de un cribado grueso preliminar. La presión de trabajo indicada en el manómetro no debe exceder los 3 PSI. El desgaste o desagregación del saco desechable obliga a considerar un cambio por lo mínimo cada 10 días para evitar riesgos de ruptura y de descarga del contenido del mismo al reactor biológico.

Canal de desarenado / retención de grasas y aceites. El canal cuenta con una cubierta de tapas en acero inoxidable con cierre hermético para evitar la propagación de olores. Con una velocidad de ± 0.3 m/s, el canal favorece la retención de las arenillas. Mamparos deflectores y una estancia hidráulica de 3 a 5 minutos favorecen la retención de grasas y sólidos.

Durante la operación del hotel, siempre se deberán colocar y gestionar trampas de grasas en las zonas de restaurante o comedores. El canal constituye un simple respaldo de seguridad en caso de escape accidental de las trampas de grasas del cliente. El retiro de las grasas y aceites debe realizarse por lo mínimo 3 veces por semana (o más en caso de ser necesario). El retiro de las arenillas debe realizarse mínimo una vez al mes.

Tratamiento secundario.

El agua residual producto del tratamiento primario, se incorpora a un reactor biológico secuencial (R) para su depuración. En la siguiente imagen se ilustra el ciclo de tratamiento del agua residual, mismo que se realiza hasta 4 veces por día (y por reactor):

Como se puede apreciar, el corazón de este tratamiento secundario es un sistema exclusivo de Bio Pro S ®, que consiste en un proceso de cultivo en suspensión de microorganismos responsables de la conversión de la materia orgánica u otros constituyentes del agua residual en gases y tejidos celulares que elimina la DBO carbonosa.

El tratamiento biológico del agua residual se produce gracias a múltiples especies de bacterias en condiciones controladas y optimizadas (Carga volumétrica, carga másica, edad de lodos y pH, entre otros). El volumen útil total de los reactores biológicos suma 5,223 m³ con una estancia hidráulica de 24.5 horas. Las condiciones biológicas en los reactores biológicos se presentan a continuación:

PARÁMETROS	UNIDAD	VALOR
F:M	Kg DBO_5/kg MV	0.25
MV	mg/L	1400
Edad mínima de lodos	día	9.5
Producción de Materia Volátil	Kg. Día	778
MV total en reactor biológico	Kg.MS	7,395
Carga volumétrica	Kg DBO5/M3	0.32
Concentración de MV en reactor	G/L	1.4
IM (Índice de Molhmann)	ML/G	174
Volumen decantado por Litro	ML/L	243
Temperatura mínima de agua	°C	25

Se presentan a continuación, las demandas en aire para los reactores biológicos:

PARÁMETROS	UNIDAD	VALOR
Remoción del carbono	Kg O2.Día	1526.06
Nitrificación	Kg O2.Día	1039.56
Restitución (caso de desnitrificación)	Kg O2.Día	655.49
Demanda total	Kg O2.Día	2565.62
Capacidad de aeración (condiciones estándares)	Nm³/H	5172.21
Capacidad de aeración (condiciones reales T °C+ NSM + PSI/difusores)	Nm³/H	5848.18
Sistema de difusión de aire	_	Micro-difusión
Densidad de difusores	D/M²	≥ 1
Oxígeno disuelto en reactor biológico	mg O2/L	≥ 4

En cada reactor biológico secuencial (R), se cuenta con 3 sensores de nivel (SN), los cuales permiten controlar el proceso de tratamiento:

- SN-A-R: reactor biológico lleno (inicia la decantación posteriormente a un tiempo de tratamiento extendido).
- SN-B-R: se terminó la evacuación del agua clarificada.
- SN-C-R: nivel anormal (alarma local y remota de nivel alto).

Operación: El control de ocupación volumétrica del lodo en cada reactor biológico es primordial y se debe realizar cada 2 a 3 días.

En caso de un nivel excesivo de la cama de lodo, se deberá bombear (BOMB-PURG-R) una fracción del lodo hacia el estabilizador de lodo (STAB).

Un nivel anormalmente alto de la cama de lodo puede traducirse por un escape de lodo y un no cumplimiento normativo en la salida.

Generalmente, la ocupación volumétrica del lodo nunca debe exceder 300 ml/l.

La ocupación volumetría ideal del lodo es de 250 ml/l con un máximo de 300 ml/l (siempre referirse a los datos técnicos de proyecto). En caso de un exceso de lodo se deberá proceder a la purga del reactor, preferencialmente durante una fase de decantación o evacuación del reactor biológico (lodo más concentrado).

Etapa I. Llenado / Tratamiento extendido. Durante el llenado y el tratamiento extendido, pueden alternarse dos tipos de tratamiento:

a) El **tratamiento aeróbico** (suministro de aire) favorece la actividad de especies bacteriológicas en presencia de oxígeno. En estas condiciones procede la nitrificación, es decir la transformación del amoníaco, primero en nitritos y posteriormente en nitratos. Una red de difusores (micro-burbujas) alimentada por un soplador de aire (SOP-R) suministra el aire al reactor biológico (R). En caso de una

instalación dúplex, se alternan los equipos y se procede a un arranque preferencial automático en caso de falla. En caso de contar con un solo equipo auxiliar de respaldo para varios trenes, la preferencia operativa se selecciona en pantalla táctil. Debido a las temperaturas del aire comprimido, las líneas (no sumergidas) son de acero inoxidable o de CPVC.

b) El **tratamiento anóxico** (ausencia de suministro de aire) permite la transformación del nitrato en una forma gaseosa (restitución natural a la atmósfera del nitrógeno).

La bomba (BOMB-PURG-R) recircula lodo durante el llenado (hasta recibir señal de SN-A-R) y durante los periodos de tratamiento anóxico. Al existir varios reactores biológicos o trenes de tratamiento, el bombeo de llenado inicia cuando otro reactor se encuentra con nivel alto (SN-A-R). Al iniciar el llenado y durante un tiempo definido, se dosifica un coagulante (Clari Pro +) en el reactor biológico (DOSIF-COAG-R).

Etapa II: Decantación / Clarificación. Para asegurar condiciones aeróbicas (oxígeno disuelto suficiente en el reactor biológico R) antes de iniciar con la decantación, se procede a una aireación forzada (SOP-R). La separación de la fase sólida/líquida procede en ausencia de perturbaciones hidráulicas. Generalmente, el tiempo de decantación está incluido entre 70 y 90 minutos.

Etapa III: Vaciado del agua clarificada y depurada. Con una integración superficial de la PTAR Bio Pro S ®, el vaciado (o la evacuación) procede por gravedad gracias a la apertura de una válvula motorizada (VM-EVAC-R). Con una integración enterrada (o semi-enterrada) la fracción clarificada es evacuada por una bomba (BOMB-EVAC-R).

Imágenes que muestran el tratamiento secundario y estabilización de lodos por aireación mediante los módulos dúplex para reactor biológico, mediante sopladores con cabina acústica. También se muestran las bombas para la evacuación del agua tratada.

En caso de una instalación dúplex, se alternan las bombas y se procede a un arranque preferencial automático en caso de falla. En caso de contar con un solo equipo auxiliar de respaldo para varios trenes, la preferencia operativa se selecciona en pantalla táctil. El vaciado termina al recibir la señal del sensor de nivel (SN-B-R) que indica un nivel bajo.

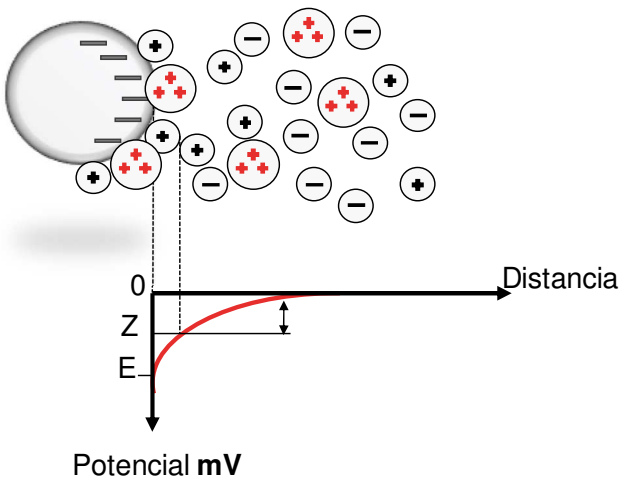
Tratamiento terciario

Remoción del fósforo y retención de huevos de helminto. La dosificación procede automáticamente durante un tiempo definido al iniciar el llenado del reactor biológico. La dosificación del coagulante (DOSIF-COAG) trivalente (Clari Pro +) permite la remoción de los fosfatos (detergentes) por precipitación química del fósforo.

El fósforo precipitado se acumula en los lodos. Un sensor de nivel (SN-B-COAG) detecta un nivel bajo en el tanque de químico. La precipitación química del fósforo se consigue mediante la adición de los iones de metales de múltiples valencias que forman precipitados de fosfatos escasamente solubles. Esta opción es requerida para eliminar el exceso de fósforo no consumido por el medio biológico.

La precipitación por medio de Al3+ o Fe3+ forma fosfatos metálicos poco solubles y que precipitan al estado coloidal: ■ AlPO4 ■ FePO4

Adicionalmente, la coagulación favorece la decantación de las partículas. El uso de coagulante trivalente permite vencer la fuerza de repulsión electrostática (potencial Zeta). Los iones positivos forman una capa alrededor del coloide facilitando la aglomeración y sedimentación de dicho coloide.



(De acuerdo a la teoría de la doble capa de Stern)

A su vez, la clarificación físico-química permite retener en el lodo los huevos de helminto. La sola cloración no es suficiente para destruir estos parásitos o quistes que pueden presentar un riesgo sanitario en caso de reutilización. Es recomendable mantener una concentración en Sólidos Suspendidos Totales (SST) inferior a 10 mg/l en la salida del proceso.

Desinfección. La dosificadora de cloro arranca automáticamente al iniciar la evacuación del agua clarificada del reactor biológico y trabaja durante un tiempo definido.

La desinfección procede automáticamente con la dosificación (DOSIF-CLORO) líquida de hipoclorito de sodio. Un sensor de nivel (SN-B-CLORO) detecta un nivel bajo en el tanque de químico.

La concentración de cloro residual medido luego de 30 minutos debe ser mayor a 1.5 ppm (o mg/l). Para alcanzar este objetivo, es usual dosificar entre 5 a 7 mg/l (cloro puro) una parte del cloro siendo consumido por la oxidación de materia orgánica (point break de cloración).

Control de espumas. La generación de espumas es común en plantas de tratamiento de aguas residuales debido a las descargas esporádicas importantes de detergentes (tenso-activos).

El uso de un anti-espumante permite controlar estos eventos y evitar reboses de espuma de los reactores biológicos. La generación de espuma procede generalmente durante el arranque, debido a la falta de sólidos en el reactor biológico que recibe micro-burbujas.

Una descarga importante de grasas y aceite a la planta de tratamiento puede generar un desarrollo de bacterias filamentosas con la presencia de espumas en la superficie. En tal caso, se deberá pulverizar hipoclorito de sodio y no anti-espumante.

Se deberá definir la razón del problema (mala gestión de las trampas de grasa, uso de bacterias o enzimas que solo disuelve la grasa con destino final a la PTAR). El desarrollo de filamentosas puede afectar drásticamente la clarificación del agua e impactar sobre la calidad general del agua en la salida de la PTAR.

Descarga y reutilización de agua tratada. La calidad del agua tratada permite cumplir con los objetivos de la NOM-003 (contacto directo), la cual corresponde a una referencia internacional.

Las reservas (RES) de agua tratada deben mantenerse impecables con un cloro residual libre siempre superior a 1.5 ppm (o mg/l) para evitar riesgos sanitarios. En caso de largos tramos de tubería para el riego (ejemplo: jardines, camellones, campo de golf, etc.) es importante controlar la concentración de cloro en los puntos de aspersión más lejanos.

Se deberá subir la concentración de cloro en las reservas para asegurar una concentración de cloro residual mínima de 1.5 ppm.

Operación: Las reservas se deben de limpiar una vez por semana para mantener condiciones sanitarias óptimas. Se consideran dos reservas para permitir la continuidad operativa durante el lavado con hidrolavadora. El agua de lavado retorna al tanque de regulación por medio de una bomba de achique.

Estabilización / Espesado del lodo. El estabilizador de lodo (STAB) es equipado de difusores de macro-difusión alimentados por un soplador de aire (SOP-STAB). La concentración de oxígeno disuelto es superior a 0.5 mg/l.

El tiempo de estancia hidráulica es superior a 15 días con un volumen útil total de 475 M^3. La oxidación del lodo biológico permite una reducción de ± 30% del mismo y su sanitización. La aireación puede ser alternada o continua. Un sensor de nivel (SN-A-STAB) posicionado justo encima del medio de difusión controla el arranque del soplador (SOP-STAB).

El retorno del agua clarificada del estabilizador permite espesar el lodo para alcanzar una concentración de 20 a 25 gramos de materia seca por litro. Reduce el volumen de lodo a extraer del sistema de tratamiento y

por consecuencia el costo operativo. Permite alcanzar una concentración y una calidad de lodo ideal para proceder a una deshidratación.

PARÁMETROS	UNIDAD	VALOR
Biomasa heterótrofa	Kg MS. Día	681.09
Biomasa autótrofa	Kg MS. Día	38.92
Materia mineral	Kg MS. Día	358.47
Materia volátil no biodegradable	Kg MS. Día	153.63
Descarga permisible de SST según objetivo de tratamiento	Kg MS. Día	102.42
Producción total de lodo	Kg MS. Día	1,129.69

Purga / vaciado del estabilizador de lodo. Con una integración superficial de la PTAR Bio Pro S ®, la purga o vaciado del estabilizador de lodo procede por gravedad mediante la apertura de una válvula. Con una integración enterrada (o semi-enterrada), el vaciado o la purga procede por bombeo (BOMB-STAB). Un sensor de nivel SN-B-STAB apaga la bomba para evitar un trabajo en seco.

Deshidratado del lodo estabilizado. Para el acondicionamiento del lodo, el equipo cuenta con un tanque equipado de difusores de macro-difusión de aire (mezcla tipo airlift) alimentado por un soplador SOP-FP recibe el lodo del estabilizador (STAB). Un sensor de nivel SN-A-FP indica cuando está lleno el tanque de acondicionamiento, un sensor SN-B-FP cuando está vacío. Este último sensor apaga el compresor de aire COMP-FP. El lodo se acondiciona con polímero catiónico (Floc Pro +) y se sanitiza con cal viva.

Deshidratado del lodo. Una bomba de desplazamiento positivo o de doble diafragma accionada con aire comprimido (compresor de aire COMP-FP) alimenta filtros prensa hasta alcanzar una presión de trabajo máxima de 90 PSI. Un sensor de presión (SP-FP) apaga el compresor de aire alcanzado la presión máxima de trabajo. El lixiviado del filtro prensa retorna a inicio de proceso (BOMB-DESAG-FP) mientras se compacta el lodo entre las placas. El lodo compactado (o "cake" en ingles por su apariencia al abrir las placas) se descarga en una charola después de un tiempo de secado de las lonas.

Disposición final del lodo y normativa. El lodo estabilizado y deshidratado se puede incorporar a una composta para su mineralización. La norma oficial mexicana a considerar es la NOM-004-SEMARNAT-2002 que define los usos permisibles en base al grado de calidad del lodo.

PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO Y CORRECTIVO
DE LAS PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DEL HOTEL EN CICLO ANUAL

ACTIVIDADES	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Rejilla de cribado Grueso, canal de desarenado/ Limpieza general y remoción de basura/Diario												
Rejilla autolimpiante de cribado fino/ Limpieza general y remoción de basura/Diario												
Filtro Turbidex/ Retrolavado/Diario												
Filtro Carbón Activado/ Retrolavado/Diario												
Trampas de Grasas Trapzila/ Limpieza general, Remoción de grasa acumulada/Semanal												
Caja partidora/ Limpieza general/Mensual												
Cuarto de máquinas, sopladores/ Cambio de filtros de aire/Mensual												
Filtro Turbidex/ Cambio de media filtrante/Anual												
Filtro Carbón Activado/ Cambio de media filtrante/Anual												
Cuarto de máquinas, sopladores/ Cambio de aceite/Anual												
Cuarto de máquinas, Filtro tornillo para lodos/ Cambio de aceite en reductor/Anual												
Tanques de aireación, red de difusión/ Sustitución de posibles componentes rotos/Anual												
Cuarto de máquinas, Tablero de control/ Sustitución de posibles componentes rotos/Anual												
Tanque regulador/ Desazolve/Anual												
Tanque regulador, Equipos de bombeo/ Cambio de sellos mecánicos, baleros y aceite dieléctrico/Anual												
Filtros multimedia, equipos de bombeo/ Cambio de sellos mecánicos, baleros y aceite dieléctrico/Anual												
Tanque de almacenamiento para agua tratada/ Desazolve/Anual												

2.8 ETAPA DE ABANDONO DEL SITIO

La vida útil del proyecto es de 25 años y se considera que, bajo las condiciones de mantenimiento preventivo y reparaciones adecuadas, este periodo de tiempo se podrá extender de forma permanente. En caso de requerir el abandono del sitio, se extraerán todos los componentes de las plantas, y se procederá a la demolición de la obra civil.

Los pozos que se han utilizado para la operación del proyecto, serán sellados para evitar el ingreso de contaminantes al acuífero. Se drenarán las cisternas de agua cruda y potable, los contenedores con productos químicos, filtros, refacciones, etc., deberán ser retirados de las bodegas.

2.9 MATERIALES Y SUSTANCIAS QUE SERÁN UTILIZADAS

En la etapa de preparación del sitio y la construcción de la obra civil, En este rubro se incluyen aquellas sustancias que por su naturaleza se consumen para producir una acción que da lugar a la trasformación de la materia prima y forman parte del producto final, aunque no quedan integrados al mismo, pero que es inevitable su uso, tal es el caso de los combustibles y lubricantes que utilizan las máquinas. Las que se manejaran principalmente en la etapa de construcción son las siguientes:

Durante la edificación el agua se almacenará en tambos distribuidos previamente por las áreas de trabajo. En total en el proceso de construcción se requerirán de un total de 4,000 m^3 (4, 000,000.00) litros de agua, es decir, 400 pipas de 10 m^3 cada una.

Los combustibles que se utilizarán en el proyecto estarán destinados al funcionamiento de la maquinaria, y sus volúmenes requeridos se estiman en la tabla siguiente:

COMBUSTIBLES, ACEITES Y LUBRICANTES A UTILIZAR		
TIPO	UNIDAD	CANTIDAD
GASOLINA PARA MAQUINARIA	LT	25,537
DIÉSEL	LT	2,616
DESMOLDANTES	VARIABLE	
SELLADOR	CUBETA	9,52
THINNER	LT	126
LUBRICANTE PARA MOTOR	LT	141
LUBRICANTE PARA TRANSMISIÓN	LT	100
LUBRICANTE MANDOS FINALES	LT	100
LUBRICANTE SISTEMA HIDRÁULICO	LT	120
GRASA	KG	115

Durante la etapa de construcción de la obra civil se requerirán combustibles fósiles para el funcionamiento de la maquinaria motorizada como Revolvedora de cemento, Planta de luz, Vibrador, Bailarina, Retroexcavadora, Rodillo compactador, malacate, maquinaria para la colocación de pilotes, bombas de agua, motosierras y una grúa eventual para colocación de los equipos. En la siguiente tabla se enlistan los volúmenes aproximados de materiales y sustancias a ser utilizados durante la construcción en todas sus etapas:

MATERIALES Y SUSTANCIAS		
DESCRIPCIÓN	**UNIDAD**	**CANTIDAD**
AGUA CRUDA	M^3	4,000
AGUA POTABLE	M^3	3,000
ACERO DE REFUERZO	TON	10
CONCRETO PREMEZCLADO	M^3	1,500
MADERA PARA CIMBRA (TRIPLAY)	PZA	400
MADERA PARA CIMBRA (BARROTE)	PZA	300
MADERA PARA CIMBRA (POLIN)	PZA	150
BLOCK HUECO DE HORMIGÓN}	PZA	6,468
ARENA	M^3	1,500
GRAVA	M^3	800
CEMENTO	TON	1,500
ADHESIVO PARA PISO	TON	3000
PINTURA VINÍLICA	L	1,300
PINTURA DE ESMALTE	L	500

Agua potable. Esta se utilizará únicamente para el consumo de los trabajadores, y se brindará a través de garrafones de 20 litros adquiridos a cualquiera de las empresas dedicadas al ramo y se almacenará en tambos de plástico tipo Rotoplas de 750 litros distribuidos previamente por las áreas de trabajo.

2.10 REQUERIMIENTOS DE MANO DE OBRA

La construcción de la obra requerirá de mano de obra de distintas especialidades, algunos trabajadores laborarán durante el proyecto completo y otros serán eventuales. Las jornadas por especialidad laborando se describen en la siguiente tabla:

TOTAL DE JORNALES POR ESPECIALIDAD	
CATEGORÍA	**CANTIDAD**
Topógrafo	10
Cadenero	10
Maestro de obra	150
Ayudantes generales	17,730
Oficiales y ayudantes albañiles	5,725
Cabos de oficios	1,512
Operadores de maquinaria	90
Oficial carpintero y ayudantes	856
Carpintero obra negra	3,665
Oficial carpintero de obra blanca	25
Chofer de camión volteo	6
Oficial y ayudantes eléctricos	1,440
Soldador especializado	444
Oficiales y ayudantes pasteros y pintores	470
Técnicos en aire acondicionado y plomería	622
Oficial y ayudantes plomeros	1,440
Técnicos especializados en instalaciones PTAR	900
Fierreros	3,961
Equipamientos-Técnicos especializados P. ósmosis	752
Mobiliario y decoración-Cabos y ayudantes	75
Retiro de provisionales-Cabos y ayudantes	10

2.11 MAQUINARIA Y EQUIPO REQUERIDO

Para la ejecución del proyecto será necesario la utilización de maquinaria y equipos para el transporte de materiales y equipos para las cimentaciones e instalaciones; también está considerada la renta de maquinaria y equipo que se va a utilizar durante el proceso de obra civil, la cual se cuidara se encuentre en excelentes condiciones mecánicas para beneficio y una mejor productividad en el desarrollo de los trabajos.

Algunos tipos de maquinaria serán prácticamente permanentes durante todo el proceso y otros tendrán una estadía parcial. Sólo algunos pocos tendrán uso eventual. Estos tiempos y cantidades se describen en la siguiente tabla.

TOTAL DE HORAS POR EQUIPO	
DESCRIPCIÓN	**CANTIDAD**
PILOTEADORA HIDRÁULICA MARCA BRAHUER MOD. BG 28, MONTADA SOBRE ORUGAS	180
REVOLVEDORA PARA CONCRETO MARCA CIPSA MODELO R10 DE UN SACO TIPO TROMPO, CAP. 5 M^3/HR, MOTOR A GASOLINA MARCA KOHLER DE 8 HP, CON REDUCTOR, MONTADA SOBRE RUEDAS TIPO B78X-13, PESO DE LA MÁQUINA CON MOTOR 363 KG.	390
MOTOCONFORMADORA	172
CAMIÓN PIPA	145
PLANTA DE SOLDAR DE CORRIENTE TRIFÁSICA	286
CAMIÓN TORTON DE VOLTEO CON CAJA DE 16 M^3 MCA FORD MOD. 94	60
TRASCABO CAT.955-L J.D.755 KOMATSU D573 O SIMILAR H.P.130/140 CAPAC. 2YD3 "	82
CAMIÓN REVOLVEDORA DE 8 M^3	18
VIBRADOR DE GASOLINA, CON MANGUERA.	215
BAILARINA NEUMÁTICA MARCA WACKER MODELO BS 502I DE GASOLINA DE 700 G/M Y PENETRACIÓN DE HASTA 51 CM CON ZAPATA DE 28 X 33 CM	329
COMPRESOR P/ PINTAR	85

2.12 GENERACIÓN, MANEJO Y DISPOSICIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS, LÍQUIDOS Y EMISIONES A LA ATMÓSFERA

Las obras que actualmente se realizan en la zona del proyecto, incluyen un sistema eficiente para la recolección, acopio temporal y disposición final de los desechos sólidos. Con éste adecuado manejo de desechos se evita su dispersión y la generación de plagas peligrosas, así como la contaminación de las áreas aledañas a las obras.

El proyecto contempla contenedores de basura en todas las áreas de trabajo, los cuales están diseñados para que los ayudantes de los de obreros de diversas especialidades, puedan depositar su basura en diferentes compartimentos de acuerdo al tipo de basura de que se trate. Para disminuir de manera significativa los volúmenes de residuos sólidos que se envíen al relleno sanitario, se realizará la recolección y separación de los residuos sólidos de acuerdo a su naturaleza.

Las substancias peligrosas que se produzcan durante la operación tales como aceites usados, combustibles, etc. serán objeto de un manejo especial, diferente del que se aplica a otros tipos de desechos. Para su confinamiento temporal, estas substancias peligrosas son confinadas en un área especialmente diseñada para tal fin, de manera que se garantice la protección del suelo, el acuífero y los ecosistemas del área en caso de un derrame accidental.

Los desechos con substancias o materiales peligrosos que se generen durante la etapa de proceso de la obra serán acopiados en envases debidamente etiquetados; el transporte y la disposición final de los mismos se realizarán periódicamente y se llevará a cabo por una empresa certificada por las autoridades ambientales.

Residuos sólidos. Este tipo de residuos serán generados durante toda la etapa de construcción de la obra civil y la instalación de los equipos, los cuales están constituidos básicamente por bolsas de papel y plástico, latas vacías, papel, envases diversos, entre otros. Su generación será continua, mientras exista actividad constructiva en el área.

Para el manejo de los residuos en esta etapa del proyecto, se colocarán tambos de 200 litros que resistan la intemperie y la salinidad del ambiente, libres de perforaciones y con tapa hermética. Los sitios donde se colocarán estarán en función de los frentes de ataque de las obras que en su momento se estén realizando, considerando 1 tambo por cada 20 trabajadores.

El vaciado de los mismos se hará por lo menos cada tercer día, depositando su contenido en contenedores que se colocarán en lugares estratégicos para que sea el servicio de limpia del municipio quien realice su traslado hasta el sitio habitual de disposición final.

Residuos de manejo especial. Se consideran desechos o residuos de manejo especial todos aquellos que se producen en las obras de construcción y aquellos que se generan en el entorno urbano y no se encuentran clasificados dentro de los comúnmente conocidos como Residuos Sólidos Urbanos (residuos domiciliarios y comerciales), ya que su composición es cuantitativa y cualitativamente distinta. Se trata de residuos, básicamente inertes, constituidos por tierra y áridos mezclados, piedras, restos de hormigón, cerámicas, ladrillos, vidrios, plásticos, yesos, acero de refuerzo, maderas, tuberías, papeles y cartones, etc.

La composición y cantidad de desechos generados por las actividades de construcción depende directamente de varios aspectos; del proceso de donde estos provengan, es decir, si son producto de demolición de estructuras nuevas u obras viejas que cumplieron su vida útil o y de la tecnología utilizada en los procesos. En general estos se pueden clasificar como:

1. Desechos sólidos generales: papel, y cartón, vidrio, metales, materiales mezclados, madera, plásticos, telas (trapos, gasas, fibras), tarros de pintura etc.
2. Desechos sólidos pétreos: escombros de demoliciones y restos de construcciones, residuos de concreto solidificados, ladrillos y agregados como arena y piedra.
3. Desechos peligrosos constituidos principalmente por residuos de productos químicos tales como ácidos, solventes, pegamentos etc. En estos casos el tratamiento que se le debe dar a los desechos depende de las recomendaciones del fabricante conocidas como hojas MDS

Al igual que el resto de desechos sólidos, los desechos de construcción tienen un ciclo de vida que incluye las siguientes etapas; recolección, separación, almacenamiento, tratamiento en el sitio, transporte y disposición final.

1. Recolección

Es el proceso mediante el cual se establecen las acciones que deben realizar los trabajadores para recoger y trasladar los desechos, generados en los procesos constructivos hasta un sitio destinado para este propósito. Es necesario especificar la metodología, frecuencia, los responsables y sobretodo trabajar bajo estrictos estándares de seguridad.

2. Separación

Es el proceso que describe las acciones o procedimientos para clasificar determinados componentes o materiales Los materiales clasificados como especiales o desechos peligrosos, deberán ser manejados en forma especial.

Debe existir en la obra un lugar específico para separar o clasificar los diferentes materiales y separar del flujo de residuos aquellos que necesitan atención especial tal como los residuos de pinturas, solventes u otras sustancias toxicas que necesitan mayor cuidado en su manipulación. Para este tipo de substancias peligrosas, existe ya construida una caseta para residuos peligrosos para almacenamiento temporal.

Se deben contemplar medidas de seguridad tales como el señalamiento, prohibiciones de ingreso y aislamiento temporal tales como mallas y cintas de seguridad y el uso de equipo de protección personal tal como mascarillas, anteojos de seguridad, zapatos de seguridad, chalecos, guantes para las personas que ejecutan la separación. En esta etapa se toma la decisión sobre el siguiente paso que seguirá el material, por ejemplo, si el material es reciclable o reutilizable, es decir, si se puede utilizar en el mismo proceso o proyecto.

Para efectuar este proceso es recomendable destinar personal que específicamente cumpla con esta responsabilidad para lo cual debe brindársele autoridad, responsabilidad y capacitación.

3. Almacenamiento.

El almacenamiento de los desechos se debe realizar basándose en el principio de aseguramiento de las condiciones de protección ambiental y de la salud humana, así como el cumplimiento de lo establecido en la legislación ambiental mexicana.

Esta actividad se ejecuta de ser posible en el lugar de generación. El almacenamiento puede realizarse en envases o recipientes diseñados para este fin. Las características de los mismos dependerán del tipo de material a almacenar y del tamaño y volumen que de estos se producen, pueden destinarse cajones tapados de diferentes capacidades de acuerdo al tipo de material tal como madera, basura, plásticos, papeles y cartones, metales, etc.). En algunos casos los materiales pueden ser almacenados o apilados clasificándolos como material de reciclaje, material para llevar al relleno sanitario, o material para ser usado nuevamente. Esta información debe ser claramente rotulada y pueden utilizarse tanto palabras como gráficos o dibujos de tal modo que se entienda claramente la información.

4. Tratamiento.

El tipo de tratamiento que se le dé a los desechos dependerá del tipo de material y de las características después de su uso o aplicación. En el caso de los desechos de construcción se pueden utilizar los siguientes procesos:

1. **Reciclaje:** Es el proceso mediante el cual ciertos materiales de los desechos se separan, recogen, clasifican y almacenan para reincorporarlos como materia prima al ciclo productivo. Es decir, es el proceso que sufre un material o producto para ser reincorporado a un ciclo de producción o de consumo, ya sea el mismo en que fue generado u otro diferente. Este tipo de tratamiento podría utilizarse a los escombros para que estos sean utilizados como material base para obras secundarias

2. **Recuperación:** Es la actividad relacionada con la obtención de materiales secundarios normalmente consiste en retirar de los residuos sólidos algunos de sus componentes para su reciclaje o reúso. Por ejemplo, de piezas de madera podrían obtenerse estacas u otros elementos que sirvan para apuntalar o reforzar formaleta

3. **Reúso:** Es el retorno de un bien o producto a la corriente económica para ser utilizado en forma exactamente igual a como se utilizó antes, sin cambio alguno en su forma o naturaleza. Este tratamiento es apropiado en el caso de la madera, si esta se encuentra en buenas condiciones estructurales como para ser nuevamente utilizada, se limpia y extraen los clavos.

5. Transporte

El transporte hasta el sitio de disposición final debe efectuarse bajo las más estrictas normas de seguridad y respecto ambiental y ético. Los residuos que serán trasladados del sitio de construcción hacia el relleno sanitario serán aquellos que ya se descartaron para ser utilizados en otros procesos o en otros proyectos o aquellos que por sus características antes o después de su uso no puedan ser reciclados. Es decir, al relleno sanitario debe transportarse únicamente material considerado como basura.

El medio de transporte que se utilizará es el mismo que se realiza en la construcción del hotel, con la contratación de compañías de transporte que se encargan de esta función, asegurándose que los desechos llegan al lugar adecuado, mediante la presentación de los manifiestos de entrega firmados y sellados por los responsables del relleno sanitario.

6. Disposición final.

Es la operación final. Esta etapa debe ser controlada y ambientalmente segura. La disposición final puede realizarse de varias formas, normalmente se dispone de las siguientes alternativas.

Relleno Sanitario: Es el lugar para la disposición sanitaria y ambientalmente segura de los residuos sólidos. Esta se realiza en la superficie o bajo tierra, basándose en los principios y métodos de la ingeniería sanitaria y ambiental. Esta técnica de eliminación final de los desechos sólidos en el suelo no causa molestia ni peligro para la salud y seguridad pública, tampoco perjudica el ambiente durante su operación ni después de terminado el mismo. Sin embargo, representa un costo adicional para los proyectos. Al Relleno Sanitario deben enviarse los residuos que ya no pueden recibir un tratamiento de recuperación, reúso o reciclaje

Vertederos municipales: Son espacios provinciales o locales destinados para el depósito final de los desechos. Estas instalaciones al igual que los rellenos sanitarios deben contar con las condiciones higiénico – sanitarias, ambientales, de protección y seguridad, según se establece en la legislación y normativas vigentes. Al igual que en los rellenos sanitarios, a estos lugares debe enviarse aquel tipo de desechos considerado basura, es decir, que ya no puede obtenerse otro beneficio del material.

Residuos líquidos. Para el manejo adecuado de los residuos líquidos, se contratará una compañía que proporcionará el servicio de letrinas y se encargará de remover diariamente las aguas residuales mediante un camión-pipa con bomba para este servicio de limpieza. Se considera la utilización de un sanitario portátil por cada 20 trabajadores.

Emisiones a la atmósfera. Las emisiones a la atmósfera por dispersión de gases y polvo, serán en su mayoría producto del tránsito de los vehículos de trabajo durante la etapa de construcción. El polvo y las partículas originados por las actividades de la obra, traslado y manejo de los materiales en el mantenimiento, podrían eventualmente afectar como molestias a los empleados y usuarios. Para mitigar esto, se mantendrá en todo momento el parque vehicular en buen estado mecánico, minimizando la emisión de gases producto de los motores de combustión interna.

Por otro lado, se tiene el problema del levantamiento de polvo durante el trasiego de personal y maquinaria en las áreas donde se presenta el suelo desnudo. El polvo es un material sólido muy fino que tiende a estar en suspensión en condiciones de viento, tránsito vehicular o movimiento de maquinaria.

Dependiendo del tamaño de sus partículas, de su densidad y su composición, puede llegar a ser un peligro tanto para la salud de los seres vivos como la seguridad en el trabajo. Esto incluye a los ecosistemas cercanos que pueden recibir toneladas de terrígenos en cuestión de horas por el arrastre del polvo en condiciones ventosas.

La contaminación ambiental producida por los desarrollos ha sido motivo de muchas investigaciones, fruto de las cuales se han desarrollado nuevas tecnologías más seguras y amigables con el medioambiente. El objetivo de estos estudios es encontrar aditivos no contaminantes que cuiden los procesos de fabricación respecto a la aparición del polvo y no provoquen contaminación ambiental.

Actualmente se están utilizando sistemas de mitigación o control de polvo en zonas no pavimentadas tales como, camiones cisterna de riego con agua, cañones, aditivos poliméricos etc. Todas estas soluciones tienen en común el necesario consumo de agua, tanto para hacer el efecto humedad transitoria como para hacer disoluciones con los aditivos que necesitan el agua para hacer su mezcla.

Las vías sin pavimentar, si no se controlan las partículas de polvo provocadas por la erosión de la misma, provoca varios efectos negativos tanto a la flora y la fauna como al ser humano que se encuentre en las cercanías.

Se recomienda que se realice un riego constante de las áreas que sufren erosión por los vientos mediante el uso de pipas de agua, de manera que se controle el levantamiento de polvo con el agua, sobre todo en la época de secas, ya que la zona del proyecto es una región con alto nivel de insolación.

La segunda opción es que se utilice un aditivo dispersado en el suelo, con los cual se deberá reducir un porcentaje elevado de consumo de agua. También se reduce el riesgo de enfermedades respiratorias y se reduce la acumulación de polvo en la flora ya que afecta a sus funciones básicas de desarrollo. La disminución de luz que recibe una planta, provoca la reducción en el crecimiento afectando a la calidad de sus frutos.

Ruido. Durante las etapas de preparación del terreno y de construcción, se generará ruido por la operación de la maquinaria, equipo y vehículos de la obra que, en general, por especificaciones de fabricantes se encuentran dentro de los rangos de 65 a 69 dB, los cuales se hallan dentro de los niveles máximos permitidos (Nivel de emisión de ruido máximo permisible en fuentes fijas de 6:00 hr a 22:00 hr es de 70 a 84 dB).

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

1 CONSTITUCIÓN POLÍTICA DE LOS ESTADOS UNIDOS MEXICANOS

La Constitución Política de los estados Unidos Mexicanos expresa aspectos ambientales en los siguientes artículos:

1.1. ARTÍCULO 4

"Establece el derecho de toda persona a un medio ambiente adecuado para su desarrollo y bienestar."

1.2. ARTÍCULO 25

"Señala la competencia del estado de regir el desarrollo nacional para garantizar que éste sea integral y sustentable. Indica también bajo qué criterios de equidad social y productividad se apoyará e impulsará a las empresas de los sectores social y privado de la economía, sujetándolos a las modalidades que dicte el interés público y al uso, en beneficio general, de los recursos productivos, cuidando su conservación y el medio ambiente".

1.3. ARTÍCULO 27

"Establece que la nación tendrá en todo tiempo el derecho de imponer a la propiedad privada las modalidades que dicte el interés público, así como el de regular, en beneficio social, el aprovechamiento de los elementos naturales susceptibles de apropiación, con objeto de hacer una distribución equitativa de la riqueza pública, cuidar de su conservación, lograr el desarrollo equilibrado del país y el mejoramiento de las condiciones de vida de la población rural y urbana. En consecuencia, se adoptarán las medidas necesarias para preservar y restaurar el equilibrio ecológico".

Además, en su párrafo quinto, indica que "…Son propiedad de la Nación las aguas de los mares territoriales en la extensión y términos que fije el Derecho Internacional; las aguas marinas interiores; (…); y los cauces, lechos o riberas de los lagos y corrientes interiores en la extensión que fija la ley. **Las aguas del subsuelo pueden ser libremente alumbradas mediante obras artificiales** y apropiarse por el dueño del terreno, pero

cuando lo exija el interés público o se afecten otros aprovechamientos, el Ejecutivo Federal podrá reglamentar su extracción y utilización y aún establecer zonas vedadas, al igual que para las demás aguas de propiedad nacional…"

Por lo tanto, el promovente al ser propietario del predio y titular del resolutivo favorable en materia de impacto ambiental del proyecto autorizado mediante bitácora 23QR2018TD152, de donde se pretenden aprovechar las aguas salobres; podrá realizar las obras de alumbramiento y aprovechamiento del agua, siempre y cuando de cumplimiento a lo establecido en la Ley de Aguas Nacionales y demás ordenamientos aplicables que se vincularán en los apartados siguientes.

2 LEY GENERAL DEL EQUILIBRIO ECOLÓGICO Y LA PROTECCIÓN AL AMBIENTE (LGEEPA)

La Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA), publicada en el Diario Oficial de la Federación el 28 de enero de 1988, última reforma publicada el 16 de enero de 2014, establece en el Capítulo de Distribución de Competencias:

2.1. CAPÍTULO II. DISTRIBUCIÓN DE COMPETENCIAS

2.1.1. ARTÍCULO 4

La Federación, los Estados, el Distrito Federal y los Municipios ejercerán sus atribuciones en materia de preservación y restauración del equilibrio ecológico y la protección al ambiente, de conformidad con la distribución de competencias prevista en esta Ley y en otros ordenamientos legales.

2.1.2 ARTÍCULO 28

"La Evaluación del impacto ambiental es el procedimiento a través del cual la Secretaría establece las condiciones a que se sujetará la realización de obras y actividades que puedan causar desequilibrio ecológico o rebasar los límites y condiciones establecidas en las disposiciones aplicables para proteger el ambiente y preservar y restaurar los ecosistemas, a fin de evitar o reducir al mínimo sus efectos negativos sobre el ambiente.

Para ello, en los casos que determine el reglamento que al efecto se expida, quienes pretendan llevar a cabo alguna de las siguientes obras o actividades, requerirán previamente la autorización en materia de impacto ambiental de la Secretaría":

Este artículo indica que deberán ajustarse a lo establecido las obras y actividades bajo los supuestos siguientes:

“Fracción I.- Obras hidráulicas, vías generales de comunicación, oleoductos, gasoductos, carboductos y poliductos;

“Fracción X.- Obras y actividades en humedales, manglares, lagunas, ríos, lagos y esteros conectados con el mar, así como en sus litorales o zonas federales.”

El Reglamento de la presente Ley determinará las obras o actividades a que se refiere este artículo, que por su ubicación, dimensiones, características o alcances no produzcan impactos ambientales significativos, no causen o puedan causar desequilibrios ecológicos, ni rebasen los límites y condiciones establecidos en las disposiciones jurídicas referidas a la preservación del equilibrio ecológico y la protección al ambiente, y que por lo tanto no deban sujetarse al procedimiento de evaluación de impacto ambiental previsto en este ordenamiento.

Estas dos fracciones aplican al proyecto propuesto, toda vez que corresponde a una obra hidráulica, consistente en la instalación de equipos de potabilización de aguas hipersalinas mediante el proceso de ósmosis inversa, así como la instalación de la infraestructura necesaria para la depuración de las aguas servidas del proyecto, por lo anterior, estas obras hidráulicas se contemplan en el supuesto de la Fracción I del artículo ya citado.

Por otro lado, Debido a que el proyecto sometido a evaluación en materia de impacto ambiental se encuentra en colindancia con humedales, Fracción X, refuerza la obligación de poner a consideración de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, para obtener la autorización a que se refiere el artículo 30 de la Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente (LGEEPA), tal y como se cita a continuación:

2.1.3 Artículo 30

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

2.1.4 ARTÍCULO 35

"Una vez presentada la manifestación de impacto ambiental, la Secretaría iniciará el procedimiento de evaluación, para lo cual revisará que la solicitud se ajuste a las formalidades previstas en esta Ley, su Reglamento y las normas oficiales mexicanas aplicables, e integrará el expediente respectivo en un plazo no mayor de diez días".

Para la autorización de las obras y actividades a que se refiere el artículo 28, la Secretaría se sujetará a lo que establezcan los ordenamientos antes señalados, así como los programas de desarrollo urbano y de ordenamiento ecológico del territorio, las declaratorias de áreas naturales protegidas y las demás disposiciones jurídicas que resulten aplicables.

Asimismo, para la autorización a que se refiere este Artículo, la Secretaría deberá evaluar los posibles efectos de dichas obras o actividades en el o los ecosistemas de que se trate, considerando el conjunto de elementos que los conforman y no únicamente los recursos que, en su caso, serían sujetos de aprovechamiento o afectación.

Una vez evaluada la manifestación de impacto ambiental, la Secretaría emitirá, debidamente fundada y motivada, la resolución correspondiente en la que podrá:

I.- Autorizar la realización de la obra o actividad de que se trate, en los términos solicitados;

II.- Autorizar de manera condicionada la obra o actividad de que se trate, a la modificación del proyecto o al establecimiento de medidas adicionales de prevención y mitigación, a fin de que se eviten, atenúen o compensen los impactos ambientales adversos susceptibles de ser producidos en la construcción, operación normal y en caso de accidente. Cuando se trate de autorizaciones condicionadas, la Secretaría señalará los requerimientos que deban observarse en la realización de la obra o actividad prevista, o

III.- Negar la autorización solicitada, cuando:

a) Se contravenga lo establecido en esta Ley, sus reglamentos, las normas oficiales mexicanas y demás disposiciones aplicables;

b) La obra o actividad de que se trate pueda propiciar que una o más especies sean declaradas como amenazadas o en peligro de extinción o cuando se afecte a una de dichas especies, o

c) Exista falsedad en la información proporcionada por los promoventes, respecto de los impactos ambientales de la obra o actividad de que se trate.

La Secretaría podrá exigir el otorgamiento de seguros o garantías respecto del cumplimiento de las condiciones establecidas en la autorización, en aquellos casos expresamente señalados en el reglamento de la presente Ley, cuando durante la realización de las obras puedan producirse daños graves a los ecosistemas.

La resolución de la Secretaría sólo se referirá a los aspectos ambientales de las obras y actividades de que se trate."

"Artículo 35 Bis. - La Secretaría dentro del plazo de sesenta días contados a partir de la recepción de la manifestación de impacto ambiental deberá emitir la resolución correspondiente.

La Secretaría podrá solicitar aclaraciones, rectificaciones o ampliaciones al contenido de la manifestación de impacto ambiental que le sea presentada, suspendiéndose el término que restare para concluir el procedimiento. En ningún caso, la suspensión podrá exceder el plazo de sesenta días, contados a partir de que ésta sea declarada por la Secretaría, y siempre y cuando le sea entregada la información requerida.

Excepcionalmente, cuando por la complejidad y las dimensiones de una obra o actividad la Secretaría requiera de un plazo mayor para su evaluación, éste se podrá ampliar hasta por sesenta días adicionales, siempre que se justifique conforme a lo dispuesto en el reglamento de la presente Ley.

2.1.5 Artículo 5

Son facultades de la Federación:

I.- La formulación y conducción de la política ambiental nacional;

II.- La aplicación de los instrumentos de la política ambiental previstos en esta Ley, en los términos en ella establecidos, así como la regulación de las acciones para la preservación y restauración del equilibrio ecológico y la protección al ambiente que se realicen en bienes y zonas de jurisdicción federal;

III.- La atención de los asuntos que afecten el equilibrio ecológico en el territorio nacional o en las zonas sujetas a la soberanía y jurisdicción de la nación, originados en el territorio o zonas sujetas a la soberanía o jurisdicción de otros Estados, o en zonas que estén más allá de la jurisdicción de cualquier Estado;

X.- La evaluación del impacto ambiental de las obras o actividades a que se refiere el artículo 28 de esta Ley y, en su caso, la expedición de las autorizaciones correspondientes.

3 REGLAMENTO DE LA LEY GENERAL DEL EQUILIBRIO ECOLÓGICO Y LA PROTECCIÓN AL AMBIENTE EN MATERIA DE EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL

3.1. CAPÍTULO II. DE LAS OBRAS O ACTIVIDADES QUE REQUIERAN AUTORIZACIÓN EN MATERIA DE IMPACTO AMBIENTAL Y DE LAS EXCEPCIONES

3.1.1. ARTÍCULO 4

Compete a la Secretaría:

I.- Evaluar el impacto ambiental y emitir las resoluciones correspondientes para la realización de proyectos de obras o actividades a que se refiere el presente reglamento...”

3.1.2. ARTÍCULO 5

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

A) Hidráulicas:

VI. Plantas para el tratamiento de aguas residuales que descarguen líquidos o lodos en cuerpos receptores que constituyan bienes nacionales;
XII. Plantas desaladoras

3.2. CAPÍTULO III. DEL PROCEDIMIENTO PARA LA EVALUACIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL

3.2.1. ARTÍCULO 9

Este artículo indica que se deberá de presentar una manifestación de impacto ambiental en la modalidad que corresponda, para que ésta realice la evaluación del proyecto de la obra o actividad respecto de la que se solicita la autorización.

Esta manifestación de impacto ambiental, de acuerdo con los criterios enunciados en el artículo 11, es de tipo particular para la evaluación del proyecto “Plantas de tratamiento de aguas residuales y ósmosis inversa del proyecto autorizado mediante bitácora 23QR2018TD152”, lo anterior en virtud de que:

No se trata de parques industriales, granjas acuícolas, carreteras, vías férreas, proyectos de generación de energía nuclear, presas y, en general proyectos que alteren cuencas hidrológicas y no corresponde a obras o

actividades que se encuentren incluidas en un plan o programa parcial de desarrollo urbano o de ordenamiento ecológico en los términos del artículo 23 del propio reglamento.

Este proyecto, por sus dimensiones, alcances y características no afectará una región ecológica y no considera la posibilidad de alterar la interacción de los diferentes componentes a nivel regional desarrollar, generar impactos acumulativos, ni sinérgicos o residuales.

Este artículo 9, indica que la Secretaría proporcionará las guías para la elaboración de los estudios de impacto ambiental, las cuales deberán de ser publicadas en el Diario Oficial de la Federación y la Gaceta Ecológica. A la fecha éstas no se han publicado; sin embargo, se cuenta con la guía para la presentación de la manifestación de impacto ambiental del sector turístico, modalidad particular, como instrumento facilitador.

3.2.2. ARTÍCULO 12

La manifestación de impacto ambiental, en su modalidad particular, deberá contener la siguiente información:

- Datos generales del proyecto, del promovente y del responsable del estudio de impacto ambiental;
- Descripción del proyecto
- Vinculación con los ordenamientos jurídicos aplicables en materia ambiental y, en su caso, con la regulación sobre uso del suelo;
- Descripción del sistema ambiental y señalamiento de la problemática ambiental detectada en el área de influencia del proyecto,
- Identificación, descripción y evaluación de los impactos ambientales;
- Medidas preventivas y de mitigación de los impactos ambientales;
- Pronósticos ambientales y, en su caso, evaluación de alternativas, y
- Identificación de los instrumentos metodológicos y elementos técnicos que sustentan la información señalada en las fracciones anteriores.

Del análisis de lo anterior se desprenden que las actividades objeto de la presente Manifestación de Impacto Ambiental, Modalidad Particular encuadran en el supuesto del artículo 5 incisos A) del Reglamento antes referido por ser una obra hidráulica, consistente en plantas para el tratamiento de aguas residuales indicada

en la fracción VI, y plantas desalinizadoras; señalada en la fracción XII del artículo 5°antes mencionado. **Por tanto, se trata de obras de competencia federal que requieren previa autorización en materia de impacto ambiental**.

4 LEY GENERAL DE VIDA SILVESTRE

La Ley General de Vida Silvestre es de orden público y de interés social, es reglamentaria del párrafo tercero del artículo 27 y de la fracción XXIX, inciso G del artículo 73 constitucionales. Su objeto es establecer la concurrencia del Gobierno Federal, de los gobiernos de los Estados y de los Municipios, en el ámbito de sus respectivas competencias, relativa a la conservación y aprovechamiento sustentable de la vida silvestre y su hábitat en el territorio de la República Mexicana y en las zonas en donde la Nación ejerce su jurisdicción.

La Ley General de Vida Silvestre y en particular el artículo 60 TER (artículo que fue adicionado mediante acuerdo publicado el 1 de febrero de 2007 en el Diario Oficial de la Federación), así como su Reglamento. El artículo 60 TER de la Ley General de Vida Silvestre, establece a la letra lo siguiente:

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

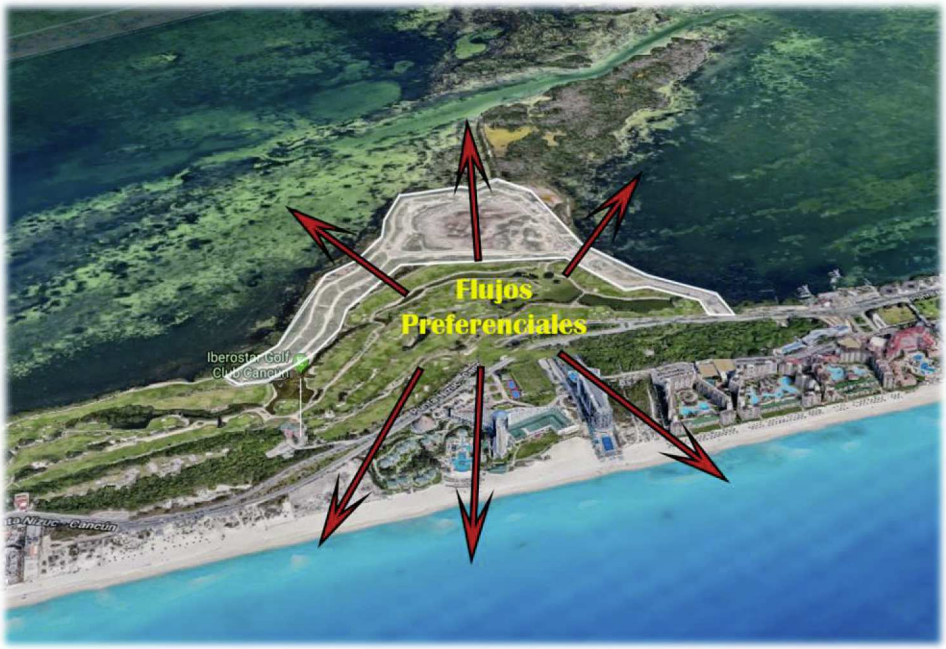
De la lectura del primer párrafo del citado precepto legal, se advierte que la prohibición de remoción, relleno, trasplante, poda o cualquier otra actividad sólo es aplicable en los casos en los que se afecte:

1. La integralidad del flujo hidrológico del manglar;
2. La integralidad del ecosistema y su zona de influencia;
3. La integralidad de su productividad natural;
4. La integralidad de la capacidad de carga natural del ecosistema para los proyectos turísticos;
5. La integralidad de las zonas de anidación, reproducción, refugio, alimentación y alevinaje;
6. La integralidad de las interacciones entre el manglar, los ríos, la duna, la zona marítima adyacente y los corales;
7. O se provoquen cambios en las características y servicios ecológicos;

El cuidado de estos siete factores son los que garantizan la continuidad de los humedales, por lo que cualquier proyecto que se pretenda realizar, deberá verificar que no se afecte la continuidad de ninguno de ellos, por lo cual se presenta el siguiente análisis del proyecto plantas de tratamiento de aguas residuales y ósmosis inversa del proyecto autorizado mediante bitácora 23QR2018TD152; al respecto.

1. **La integridad del flujo hidrológico del humedal costero**. Este ha sido un aspecto que se ha cuidado desde la planeación del proyecto que actualmente se encuentra en construcción. Esto se debe a que el hotel se desplanta sobre un predio rodeado en su porción poniente y norte por vegetación de mangle de borde y la laguna Nichupté. Se trata de una gran extensión de humedales con desarrollo de manglar mixto. Cuando se presentan precipitaciones excepcionales, las aguas en el predio rápidamente se infiltran al subsuelo y desfoga en dos direcciones: la primera de ellas hacia el este y la segunda hacia el Oeste, teniendo un comportamiento que se conoce como del tipo “de isla”. Por lo anterior, la ubicación actual del hotel no representa alteraciones a la continuidad del drenaje superficial del humedal.

   Esto quedo claramente establecido cuando se analizaron los resultados del estudio geohidrológico que se presentó como un anexo a la MIA del proyecto autorizado mediante bitácora 23QR2018TD152 que ya fue evaluada y autorizada en materia de impacto ambiental.



Como se muestra en esta imagen del estudio geohidrológico que se realizó para el proyecto, se puede apreciar que, por su conformación en la zona, los flujos hidrológicos en el campo de golf y el predio del proyecto, no se verán interrumpidos hacia el humedal lacustre aledaño.

Por otro lado, dentro del predio se mantienen cinco áreas de conservación con mangle, de las cuales una –la más grande- mantiene contacto intermitente con un espejo de agua presente. Para evitar que esta zona de conservación y su contacto con el agua pudiera resultar afectada por rellenos, se buscaron soluciones alternativas. La estructura de las edificaciones se ha planteado con una cimentación profunda y sobre estas pilas de cimentación se están realizando la construcción de elementos "flotados" sobre el terreno, a manera de palafito, lo que permitirá evitar rellenos.

Una vez establecido lo anterior, debido a que el proyecto para la instalación de plantas de tratamiento de aguas residuales y ósmosis inversa del hotel, no requiere de la afectación de nuevas áreas a las ya autorizadas para su aprovechamiento y cumplen con los estándares internacionales para su operación, no se anticipan afectaciones a la integridad del drenaje de los flujos hidrológicos hacia los humedales vecinos.

2. **La integridad del ecosistema y su zona de influencia en la plataforma continental**. El control del desarrollo de las costas y la protección de los hábitats requieren de mejores procedimientos de planificación y operación, lo que se conoce como un ordenamiento integral de las zonas costeras, incluyendo los litorales lagunares. En este ordenamiento se deben tener en cuenta todos los usos de la zona costera y las actividades humanas que se llevan a cabo, especialmente en las cuencas fluviales que desembocan en los mares costeros. El uso y desarrollo costero sin regulación repercute negativamente en estos ecosistemas y sus componentes de flora y fauna, principalmente cuando las actividades humanas en la zona costera comprometen la interfaz entre ecología y economía. Por todo lo anterior, se debe mantener la integralidad de este ecosistema lagunar y sus ambientes lacustres con mangle, y de éstos con la plataforma continental. En este sentido, la instalación de las plantas de tratamiento de aguas residuales y ósmosis inversa del proyecto autorizado mediante bitácora 23QR2018TD152, por su localización en tierra, sus pequeñas dimensiones, y su operación hermética, no representa un factor que altere la integridad del ecosistema lagunar, al no provocar una interrupción de la continuidad ambiental entre la zona de humedales y la zona marina adyacente, ya que la demasía de las aguas siempre encuentra su salida por medio de bocas de tormenta, transportando nutrientes al mar, manteniendo la integralidad de ambos ecosistemas.

3. **La integralidad de su productividad natural.** Los humedales son ecosistemas muy productivos y con una red trófica muy compleja, por lo que, desde el punto de vista ecológico, este tipo de ecosistemas son

considerados los principales productores de materia orgánica en la zona costera tropical, cuyos productos orgánicos se transportan a los ecosistemas marinos que se desarrollan en la plataforma continental, lo que representa un aporte de nutrientes esencial para su funcionamiento. Por lo anterior, se debe proteger la productividad natural de los manglares. Este circuito de transporte de nutrientes entre ecosistemas costeros, no se ve alterado por la instalación de las plantas de tratamiento de aguas residuales y ósmosis inversa del proyecto autorizado mediante bitácora 23QR2018TD152, no compromete la productividad natural de su área de influencia (bosques de mangle y lagunas de inundación asociadas que conforman el humedal), debido a que no se proponen obras o actividades en estos ecosistemas o que sean perjudiciales en el sentido que afecten la productividad natural del manglar circundante. Por el contrario, se promueve la conservación del ecosistema mediante la protección de cinco áreas de protección con manglar dentro de la superficie del predio.

4. **La integralidad de la capacidad de carga natural del ecosistema para proyectos turísticos.** El proyecto autorizado mediante bitácora 23QR2018TD152, ha sido evaluado positivamente por las autoridades ambientales, debido a que su diseñó siguió lineamientos de buenas prácticas ambientales, tomando en cuenta que la zona donde se localiza está rodeada de ecosistemas sensibles, frágiles y vulnerables al impacto antropogénico. Por otro lado, el proyecto que se presenta a evaluación para la instalación de las plantas de tratamiento de aguas residuales y ósmosis inversa del hotel, no requiere del uso de los ecosistemas vecinos para su uso turístico, ya que consiste en instalaciones hidráulicas dentro de las propias instalaciones del hotel en construcción, por lo cual no incluye en su operación actividades recreativas en los ecosistemas lagunar y de manglar.

5. **Integridad de las zonas de anidación, reproducción, refugio, alimentación y alevinaje**. Por la naturaleza del proyecto que se presenta para su evaluación en materia de impacto ambiental, consistente en la instalación de plantas de tratamiento de aguas residuales y ósmosis inversa del proyecto autorizado mediante bitácora 23QR2018TD152, no se anticipa ningún tipo de riesgo que pudiera afectar zonas de anidación, reproducción, refugio, alimentación o alevinaje. Adicionalmente a lo anterior, en los estudios que se realizaron previamente a la construcción del hotel no se identificaron áreas de anidación, reproducción, refugio o alimentación dentro del predio en desarrollo. Por lo tanto, se concluye que el desarrollo del proyecto no pone en riesgo la continuidad de los procesos de Integridad de las zonas de anidación, reproducción, refugio, alimentación y alevinaje de ninguna especie.

6. **La integridad de las interacciones funcionales entre los humedales costeros, los ríos (de superficie y subterráneos), la duna, la zona marina adyacente y los corales**. Al igual que en punto anterior, debido a la naturaleza del proyecto que se presenta para su evaluación en materia de impacto ambiental, consistente en la instalación de plantas de tratamiento de aguas residuales y ósmosis inversa del proyecto autorizado mediante bitácora 23QR2018TD152, no se anticipan afectaciones en la integralidad de los ecosistemas que se consideran en este punto. Si bien en las inmediaciones del hotel, se desarrollan humedales, en la zona no existen ríos superficiales y las escorrentías desde la cuenca costera donde se desarrolla el humedal, desfoga sus excedentes de aguas en la época de lluvias mediante manantiales que afloran en la laguna confiriendo su calidad salobre, por lo que el aporte de nutrientes desde el humedal hacia la zona marina se mantiene, lo cual garantiza el flujo de nutrientes hasta la zona de los arrecifes coralinos y con ello la integralidad de las interacciones entre los humedales y los ecosistemas vecinos. El proyecto hidráulico que se propone no interrumpe la conexión de las aguas lagunares y su área de influencia, debido a que no se proponen obras o actividades operativas en estos ecosistemas o que afecten la integridad de estas interacciones naturales en la laguna y del manglar circundante.

   Por último, para garantizar la **integridad de los flujos subterráneos por la cimentación de las edificaciones en las que se instalarán las plantas**, se llevó a cabo un estudio geohidrológico (se anexa a la MIA copia del estudio geohidrológico) para la zona donde se localiza el proyecto. En este estudio se encontró que las rocas calcáreas del área están afectadas por un gran desarrollo cárstico, que indica la existencia de una alta permeabilidad y, debido a la precipitación pluvial, la estratigrafía y la morfología, son capaces de conformar acuíferos de tipo libre de gran capacidad.

   Con respecto a la integridad de los flujos subterráneos, se analizaron en un apartado denominado "Influencia de las Estructuras Sobre el Acuífero", en el que se analiza la afectación potencial de las pilas de cimentación respecto a los flujos subterráneos, con la siguiente conclusión:

   "*Derivado de la información proporcionada, se puede apreciar que las únicas estructuras que podrían tener influencia sobre el acuífero son los pilotes que se van a construir para soportar la base de todo el proyecto, así como de los postes que se van a instalar para soportar las cuerdas de acero de las tirolesas. Estas estructuras tienen la siguiente forma constructiva:*

   - *Hincado de pilotes adicionales de concreto prefabricado con perforadora mecánica y penetración por el golpe.*

- *El diámetro de los pilotes de concreto se especificará según cálculo estructural, en el rango de 30 a 40 cm y la resistencia del concreto se especificará según calculo estructural.*
- *Todos los pilotes serán fabricados fuera de obra y colocados en su sitio definitivo.*
- *La plataforma de cimentación existente se apoya sobre pilotes de concreto hincados a 7.00 m de profundidad promedio.*

De acuerdo al diseño conceptual del acuífero en la zona de estudio, en donde se tiene que el acuífero de agua dulce es muy puntual debido a las descargas de precipitaciones pluviales, se puede inferir que este estrato de agua dulce es de solamente un par de metros aproximadamente, en tanto que la interface salina la tenemos entre los 5 metros y 10 metros de profundidad. A partir de esta profundidad se encuentra francamente la cuña salina.

De esta forma, se tiene que las estructuras propuestas "Pilotes" no interfieren con los flujos preferenciales puntuales del acuífero que subyace al predio *ya que, el acuífero muy delgado de agua dulce no se verá desviado por la construcción de estos pilotes*".

7. **Cambio de las características ecológicas; Servicios ecológicos; Ecológicos y eco fisiológicos (estructurales del ecosistema como el agotamiento de los procesos primarios, estrés fisiológico, toxicidad, altos índices de migración y mortalidad, así como la reducción de las poblaciones principalmente de aquellas especies en status, entre otros**). Los cuatro procesos ecológicos fundamentales de los ecosistemas son el ciclo del agua, los ciclos biogeoquímicos (o de nutrientes), el flujo de energía y la dinámica de las comunidades, es decir cómo cambia la composición y estructura de un ecosistema después de una perturbación (sucesión). Los seres vivos requieren de energía para realizar sus actividades básicas de crecimiento, reproducción y sobrevivencia. Las plantas son los productores primarios que transforman la energía del sol en energía química a través de la fotosíntesis. Los herbívoros, como consumidores primarios, se alimentan de las plantas y obtienen de ellas nutrientes y energía, que a su vez son pasados a los carnívoros y de éstos a los descomponedores. Al flujo de energía a través de los seres vivos se le conoce como cadena trófica o cadena alimentaria y a cada uno de los niveles por los que pasa, se le conoce como niveles tróficos. Para garantizar que los ecosistemas sigan funcionando sin la interrupción de estos ciclos naturales y entre plantas y animales (denso-dependientes), se debe estar seguros de que ningún proyecto o actividad tienen el potencial para alterarlos. De forma prioritaria se tiene que asegurar que ningún proyecto o su operación, introduce contaminantes hacia los ecosistemas naturales. Es por ello, que se propone el presente proyecto de

instalación de infraestructura para el tratamiento de las aguas servidas, lo cual permite asegurar que las aguas residuales que se producirán durante la operación del hotel, no afectan en lo más mínimo, ni directa ni indirectamente, a los cuerpos lagunares ni al manglar, ya que después de su tratamiento, las aguas tratadas se canalizarán directamente al a los pozos de absorción a una profundidad segura, utilizando plantas de tratamiento de nueva generación, que produce aguas totalmente descontaminadas, por lo que después de su tratamiento se tiene un efluente de aguas tratadas que cumplen con las especificaciones emitidas y calificadas por la CONAGUA para este tipo de descargas, mismas que son inyectadas a un pozo de absorción diseñado para descargar a una profundidad segura en la que no producen efectos nocivos en los cuerpos de agua subterránea. El proyecto se integra cuidadosamente al entorno en un concepto de bajo impacto, en el entendido que sus procesos de operación no causan desequilibrio ecológico, ni rebasan los límites y condiciones señalados en los reglamentos y normas técnicas ecológicas emitidas por la federación para proteger al ambiente.

Como se puede apreciar en el planteamiento del proyecto instalación de plantas de tratamiento de aguas residuales y ósmosis inversa del proyecto autorizado mediante bitácora 23QR2018TD152, presentado en el capítulo II del presente documento, no se violenta lo dispuesto en el Artículo 60 TER, ya que no incluye la necesidad de remover vegetación nativa, ni realizar rellenos de cuerpos de agua, ni cualquier otro tipo de obra que afecte la integralidad del flujo hidrológico del manglar aledaño.

En este mismo tenor, para dar cabal cumplimiento al Artículo 99 la Ley General de Vida Silvestre, se está solicitando la evaluación y autorización del proyecto por parte de la SEMARNAT, de manera que se garantice el bienestar de los ejemplares de especies silvestres de importancia ecológica, la continuidad de sus poblaciones y la conservación de sus hábitats, cumpliendo con los artículos referidos de la Ley General de Vida Silvestre.

5 LEY DE AGUAS NACIONALES Y SU REGLAMENTO

La Ley de Aguas Nacionales fue publicada en el Diario Oficial de la Federación el 1º de diciembre de 1992 y presenta una última reforma publicada en el Diario Oficial de la Federación el 6 de enero de 2020.

Es su ARTÍCULO 1 se indica que: "*Esta Ley es reglamentaria del Artículo 27 de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos en materia de aguas nacionales; es de observancia general en todo el territorio nacional, y sus disposiciones son de orden público e interés social y* ***tiene por objeto regular la explotación, uso o aprovechamiento de dichas aguas, su distribución y control, así como la preservación de su cantidad y calidad*** *para lograr su desarrollo integral sustentable*".

De igual manera, en su ARTÍCULO 2 establece que: "*Las disposiciones de esta Ley son aplicables a todas las aguas nacionales, sean superficiales o del subsuelo. Estas disposiciones también son aplicables a los bienes nacionales que la presente Ley señala*".

En el ARTÍCULO 3 indica que para los efectos de esta Ley se entenderá por:

I. "**Aguas Nacionales**": Son aquellas referidas en el Párrafo Quinto del Artículo 27 de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos;

II. II. "**Acuífero**": Cualquier formación geológica o conjunto de formaciones geológicas hidráulicamente conectados entre sí, por las que circulan o se almacenan aguas del subsuelo que pueden ser extraídas para su explotación, uso o aprovechamiento y cuyos límites laterales y verticales se definen convencionalmente para fines de evaluación, manejo y administración de las aguas nacionales del subsuelo;

III. "**Aguas claras**" o "Aguas de primer uso": Aquellas provenientes de distintas fuentes naturales y de almacenamientos artificiales que no han sido objeto de uso previo alguno;

IV. "**Aguas del subsuelo**": Aquellas aguas nacionales existentes debajo de la superficie terrestre;

V. "**Aguas marinas**": Se refiere a las aguas en zonas marinas;

VI. "**Aguas Residuales**": Las aguas de composición variada provenientes de las descargas de usos público urbano, doméstico, industrial, comercial, de servicios, agrícola, pecuario, de las plantas de tratamiento y en general, de cualquier uso, así como la mezcla de ellas;

VII. "**Aprovechamiento**": Aplicación del agua en actividades que no impliquen consumo de la misma;

XIII. "**Concesión**": Título que otorga el Ejecutivo Federal, a través de "la Comisión" o del Organismo de Cuenca que corresponda, conforme a sus respectivas competencias, para la explotación, uso o aprovechamiento de las aguas nacionales, y de sus bienes públicos inherentes, a las personas físicas o morales de carácter público y privado, excepto los títulos de asignación;

XXI. "**Desarrollo sustentable**": En materia de recursos hídricos, es el proceso evaluable mediante criterios e indicadores de carácter hídrico, económico, social y ambiental, que tiende a mejorar la calidad de vida y la productividad de las personas, que se fundamenta en las medidas necesarias para la preservación del equilibrio hidrológico, el aprovechamiento y protección de los recursos hídricos, de manera que no se comprometa la satisfacción de las necesidades de agua de las generaciones futuras;

XXII. "**Descarga**": La acción de verter, infiltrar, depositar o inyectar aguas residuales a un cuerpo receptor;

Se indica en el ARTÍCULO 4 que: "La autoridad y administración en materia de aguas nacionales y de sus bienes públicos inherentes corresponde al Ejecutivo Federal, quien la ejercerá directamente o a través de la Comisión".

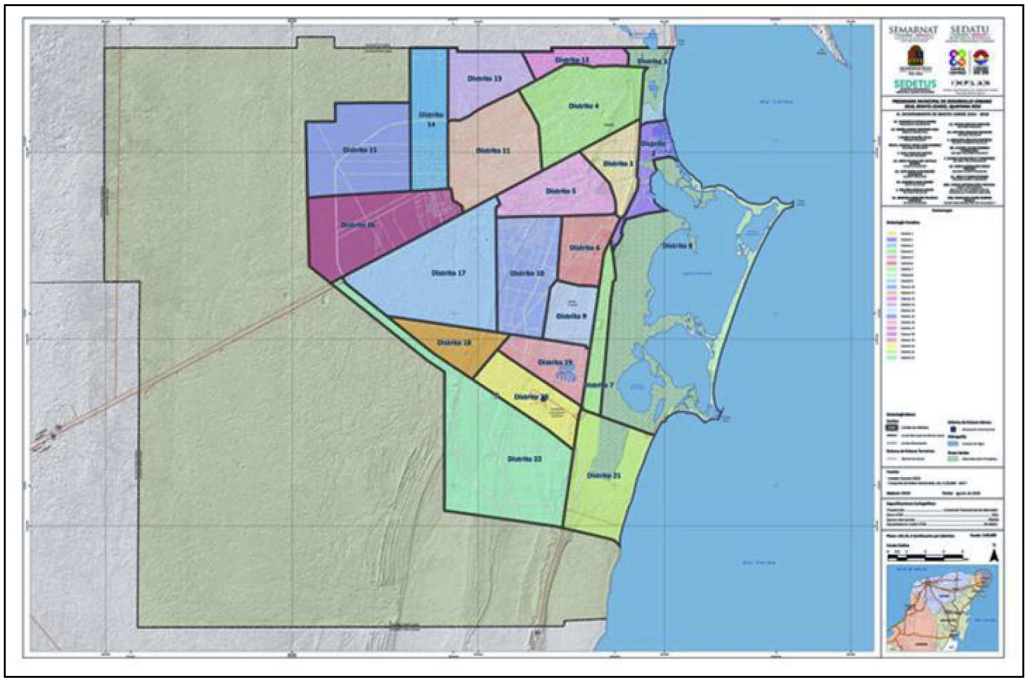
De acuerdo con el artículo 86 BIS 2 de esta Ley: "Se prohíbe arrojar o depositar en los cuerpos receptores y zonas federales, en contravención a las disposiciones legales y reglamentarias en materia ambiental, basura, materiales, lodos provenientes del tratamiento de aguas residuales y demás desechos o residuos que por efecto de disolución o arrastre, contaminen las aguas de los cuerpos receptores, así como aquellos desechos o residuos considerados peligrosos en las Normas Oficiales Mexicanas respectivas. Se sancionará en términos de Ley a quien incumpla esta disposición".

Se determina en el ARTÍCULO 88, que: "***Las personas físicas o morales requieren permiso de descarga*** *expedido por "la Autoridad del Agua" para verter en forma permanente o intermitente aguas residuales en cuerpos receptores que sean aguas nacionales o demás bienes nacionales, incluyendo aguas marinas, así como cuando se infiltren en terrenos que sean bienes nacionales o en otros terrenos cuando puedan contaminar el subsuelo o los acuíferos. El control de las descargas de aguas residuales a los sistemas de drenaje o alcantarillado de los centros de población, corresponde a los municipios, con el concurso de los estados cuando así fuere necesario y lo determinen las leyes*".

El Proyecto para la instalación de plantas de tratamiento de aguas residuales y ósmosis inversa del proyecto autorizado mediante bitácora 23QR2018TD152, tiene contemplado, que una vez que haya obtenido la autorización en materia de impacto ambiental de las instalaciones hidráulicas descritas en el capítulo II de la presente MIA, se solicitarán las concesiones y los permisos correspondientes a la Comisión Nacional del Agua y demás autoridades competentes, previamente a la perforación de los pozos de aprovechamiento, pozos de rechazo y los pozos de absorción, así como la instalación de las plantas desalinizadoras de ósmosis inversa y las plantas de tratamiento de aguas residuales.

6 PROGRAMA MUNICIPAL DE DESARROLLO URBANO DE BENITO JUÁREZ, QUINTANA ROO 2018-2030

El 17 de abril de 2019 se publicó en el Periódico Oficial del Gobierno del estado Tomo I, No. 39 Extraordinario, Novena Época, el Programa Municipal de Desarrollo Urbano de Benito Juárez, Quintana Roo 2018-2030, que responde a las necesidades de actualización de este instrumento normativo en una ciudad de dinámico crecimiento pero principalmente, debido a la creación el 6 de noviembre del año 2015 del municipio de Puerto Morelos y a la consecuente modificación de los límites municipales de Benito Juárez, su composición sociodemográfica y de sus centros urbanos.



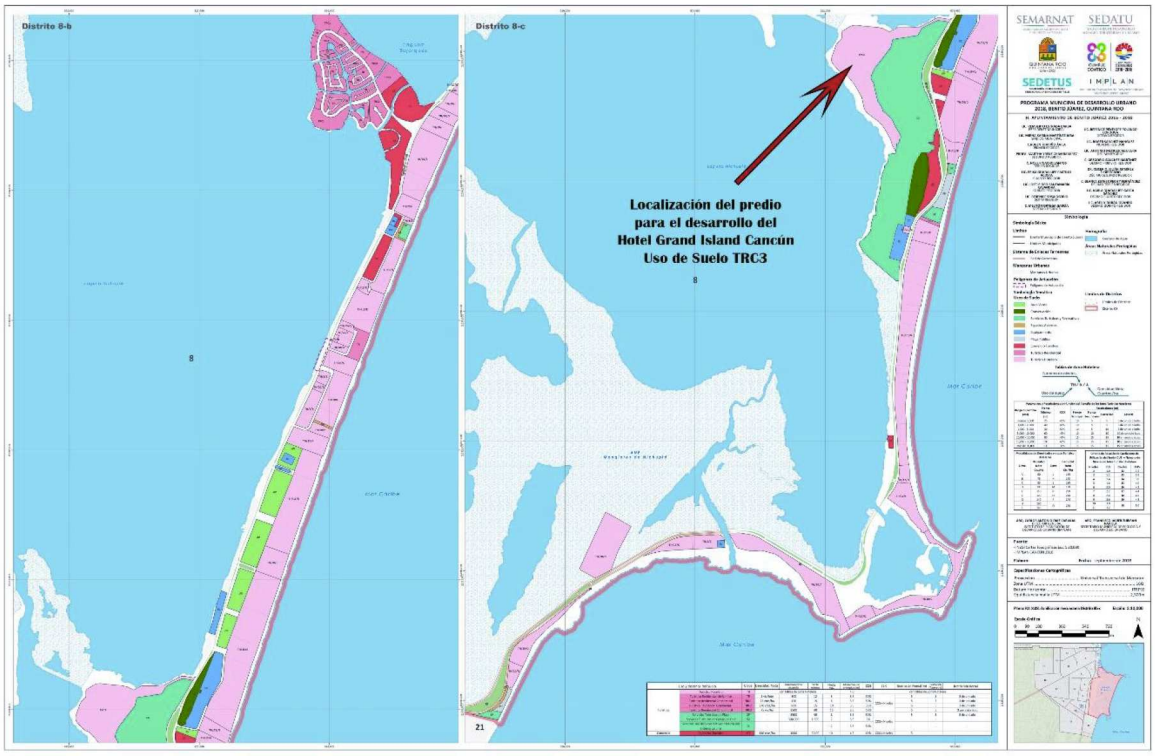
Plano que muestra la subdivisión de la ciudad de Cancún en el Programa Municipal de Desarrollo Urbano de Benito Juárez, Quintana Roo 2018-2030. Como se puede apreciar en el plano, se presentan los distritos en que se ha dividido en centro urbano de la ciudad, el predio analizado se encuentra en el Distrito 8.

Dicho instrumento de planeación urbana indica que "*El continuo crecimiento de la ciudad de Cancún, hace necesario reconocer y fomentar la identificación y arraigo de su población. La organización espacial del conglomerado urbano que en poco tiempo contará con un millón de habitantes se plantea a partir de Distritos Urbanos que propicien y mejoren el entorno urbano de sus habitantes y favorezca la convivencia social*."

Así, este nuevo Ordenamiento Urbano, estableció como estrategia para la regulación óptima del desarrollo urbano del centro de población, el de **subdividir territorialmente la localidad en distritos** delimitados por vialidades primarias, corredores urbanos, elementos naturales y físicos, con la intención de hacer más compacta la ciudad impulsando usos de suelo mixtos, la densificación, el aprovechamiento de predios ociosos, vacantes o subutilizados y el crecimiento vertical.

Estos Distritos son unidades urbanas definidas y delimitadas por vialidades principales y corredores urbanos, elementos naturales y físicos; deberán ser autosuficientes en términos de servicios, contarán con un Subcentro Urbano, centros de barrio y equipamiento urbano básico.

La zona de aprovechamiento urbano se constituye por el polígono sujeto al Programa Director Urbano del Centro de Población Cancún 2014-2030; en ella se plantea una organización espacial urbana de 22 zonas de la ciudad denominadas Distritos y 3 grandes corredores urbanos. Así, conforme a lo establecido en el Programa Municipal de Desarrollo Urbano del Municipio de Benito Juárez, Quintana Roo 2018-2030, **el terreno en el que se pretende instalar la infraestructura hidráulica se encuentra en el Distrito 8-C.**



Plano R2.8.08. Zonificación Secundaria Distrito 8b-c, del Programa Municipal de Desarrollo Urbano de Benito Juárez, Quintana Roo 2018-2030, en el que se incluye el predio en el que se instalará la infraestructura hidráulica. El predio tiene asignado un uso del suelo TRC3, correspondiente a Turístico Residencial Condominal, cuya densidad máxima es de 75 Viviendas/Ha.

Este distrito tiene una superficie de 8,731.2 Has; una Población: 4,166 habitantes Densidad poblacional: 0.5 hab/ha Viviendas: 1,262 Densidad habitacional: 0.1 Viv/ha Conformada por: Zona Hotelera y Sistema Lagunar Nichupté Smz que configuran el distrito: 1ª, 2da, 3ra etapa, y Sistema Lagunar Nichupté. Ubicación: Al este de la localidad, corresponde al área denominada Isla Cancún y Sistema Lagunar Nichupté. Delimitación: Norte: Puerto Cancún y Mar caribe Sur: Boulevard Kukulcán Este: Mar Caribe Oeste: Sascaberas y Puerto Cancún.

Con base en lo anterior, el terreno para el proyecto se encuentra ubicado sobre el Boulevard Kukulcán, a la altura del Km 16.5, Lotes 56-A-1 y 56-A-2, en la Supermanzana A-2 "A" Segunda Etapa, Zona Hotelera de la Ciudad de Cancún. Este Programa Municipal de Desarrollo Urbano se le asignó el uso de suelo identificado como **"TRC3"** correspondiente a **Turístico Residencial Condominal**.

Este Uso de Suelo permite al predio del proyecto autorizado mediante bitácora 23QR2018TD152, una densidad neta de 75 Viviendas/Ha. El predio tiene asignado un Coeficiente de Ocupación del Suelo (COS) del 50 % (111,779.28 m^2); Coeficiente de Uso del Suelo (CUS) de 7.50% (1,676,689.2 m^2). Así, este Uso de Suelo **TRC3**, **Turístico Residencial Condominal**, con sus restricciones y parámetros de construcción, incluyendo los parámetros modificados por la inclusión de las plantas de tratamiento de aguas residuales, se describen y vinculan con el Proyecto en el siguiente cuadro:

CUMPLIMIENTO DE PARÁMETROS URBANOS DEL PROYECTO AUTORIZADO MEDIANTE BITÁCORA 23QR2018TD152 PROYECTO YA CON LA INCLUSIÓN DE LAS PLANTAS				
CONCEPTO		NORMA	PROYECTO AUTORIZADO	PROYECTO MODIFICADO
USO DE SUELO		**TRC3**	**TRC3**	**TRC3**
ÁREA DEL LOTE		1,500 m^2	223,558.56 m^2	223,558.56 m^2
RESTRICCIONES MÍNIMAS A LOS LINDEROS	FRENTE	5.00 M	37.58 M	37.58 M
	FONDO	5.00 M	17.00 M	17.00 M
	LADO	3.00 M POR CADA LADO	29.99.00 Y 20.27	29.99.00 Y 20.27
ALTURA MÁXIMA	METROS	52.50 M	50.00 M	50.00 M
	NIVELES	15 NIVELES	14 NIVELES	14 NIVELES
OCUPACIÓN SUELO C.O.S.	COEF. %	50.00%	23.78%	26.537%
	M^2	111, 779.28 m^2	53,173.05 m^2	59,325.78 m^2
USO SUELO C.U.S.	COEF. %	50 %, COS POR NIVELES (7.5%)	1.03	1.03
	M^2	1,676,689.20 m^2	291,602.41 m^2	291,602.41 m^2
DENSIDAD NETA	CTOS. /HA	75 VIV/HA=187.50 CUARTOS/HA	134.19 CUARTOS/HA	134.19 CUARTOS/HA
	CTOS.	4,191.72 CTOS	3,000.00 CTOS	3,000.00 CTOS
CAJONES ESTACIONAMIENTO	REG.	VER TABLA DE PLANO CU-8	VER TABLA DE PLANO CU-8	VER TABLA DE PLANO CU-8
	NÚMERO	1,346.00 CAJONES	1,359.00 CAJONES	1,359.00 CAJONES

El antecedente de este cambio en las superficies del proyecto, se origina de un escrito acompañado del formato SEMARNAT-04-008, que fue presentado ante la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales en el Estado de Quintana Roo (SEMARNAT) el pasado 10 de junio de 2021, mediante el cual se presentó el trámite de Modificaciones de la obra, actividad o plazos y términos establecidos a proyectos autorizados en materia de Impacto ambiental en relación al TÉRMINO PRIMERO del " proyecto autorizado mediante bitácora 23QR2018TD152" autorizado de manera condicionada a través del oficio 04/SGA/1430/19 de fecha 79 de junio de 2019.

En esta solicitud de modificación y su formato SEMARNAT-04-008, se pidió autorización para permitir que, en dos superficies, una de 3,036.059 m^2 y la segunda de 3,116.675 m^2, se puedan colocar planchas de concreto dentro de las superficies de aprovechamiento autorizadas por la SEMARNAT mediante el oficio resolutivo 04/SGA/1430/19 de fecha 19 de julio de 2019, expedido para la construcción del proyecto original del hotel.

En respuesta a esta solicitud, la SEMARNAT tuvo a bien **expedir el oficio número 04/SGA/1234/2021, de fecha 24 de agosto de 2021**, en el que indica que: *"… de acuerdo al análisis realizado en el Considerando anterior se advierte que por dichas obras y actividades no se generan impactos ambientales adicionales o daños relevantes a los identificados dentro del Procedimiento de Evaluación en materia de Impacto Ambiental del proyecto*".

Por lo tanto, autoriza las modificaciones solicitadas, ya que no afectan el contenido de la autorización otorgada en materia de impacto ambiental mediante oficio 04/SGA/1430/19 de fecha 19 de junio de 2019.

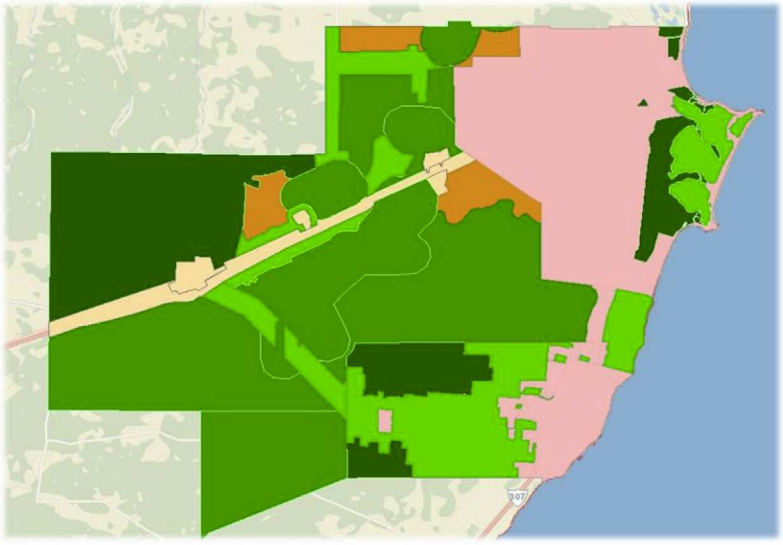
Por lo tanto, y de acuerdo al cuadro síntesis del cumplimiento de los parámetros urbanos del proyecto autorizado mediante bitácora 23QR2018TD152 arriba presentado, el proyecto ya con la inclusión de las plantas de tratamiento de aguas residuales y de ósmosis inversa para la potabilización de aguas subterráneas, **cumple puntualmente en cada uno de los parámetros determinados por el uso de suelo asignado al terreno en el PDU vigente**.

Además del incremento en las áreas impermeables, dos parámetros urbanos han cambiado respecto a lo autorizado en el RIA de 2019 para la construcción del hotel. Se trata del COS, el cual aumentó 6,152.734 m^2, es decir la suma de la superficie de las 2 poligonales que acogerán las plantas. Por otro lado, el CUS no varió, manteniendo la superficie de 291,602.41 m^2. El número de cajones es el mismo, 1,359 espacios de estacionamiento en total. Por lo tanto, estos estacionamientos se mantienen y solo se reubican en la parte superior de las edificaciones donde se acomodarán las plantas.

7 PROGRAMA DE ORDENAMIENTO ECOLÓGICO LOCAL DEL MUNICIPIO BENITO JUÁREZ

La Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente define al Ordenamiento Ecológico del Territorio como el instrumento de política ambiental cuyo objeto es regular o inducir el uso del suelo y las actividades productivas, con el fin de lograr la protección del medio ambiente y la preservación y el aprovechamiento de los recursos naturales.

Así, el Decreto para el Ordenamiento Ecológico Local del Municipio de Benito Juárez, Quintana Roo, México; fue publicado en el Periódico Oficial del Gobierno del Estado de Quintana Roo, el 20 de julio del año 2005, Tomo II, No. 48, Extraordinario Bis, Séptima Época (transitorios Tercero y Cuarto), y el Acta de la Septuagésima Sexta Sesión Ordinaria del H. Ayuntamiento de Benito Juárez, Quintana Roo, publicado en el Periódico Oficial del Gobierno del Estado de Quintana Roo, el 21 de julio del año 2005, Tomo II, No. 49, Extraordinario, Séptima Época.



Plano del Ordenamiento Ecológico Local del Municipio de Benito Juárez (2014), resultante de la actualización del Programa de Ordenamiento Ecológico Local del Municipio de Benito Juárez (incluye el municipio de Puerto Morelos), Quintana Roo.

Esta actualización del Programa de Ordenamiento Ecológico Local del Municipio de Benito Juárez se publicó el 27 de febrero 2014, en el periódico oficial del estado de Quintana Roo, Tomo I, Número 19 extraordinario, Octava época. Conforme al contenido de este Programa de Ordenamiento Ecológico Local del Municipio de

Benito Juárez, el predio del proyecto autorizado mediante bitácora 23QR2018TD152, se ubica en la Unidad de Gestión Ambiental 21, que corresponde a la "Zona Urbana de Cancún", y tiene asignada una Política de Ordenamiento Ecológico de "Aprovechamiento Sustentable"; teniendo como Recursos y Procesos Prioritarios "Suelo y cobertura vegetal" Con usos de suelo "Los que se establezcan en su Programa de Desarrollo Urbano Vigente".

UNIDAD DE GESTIÓN AMBIENTAL		21
NOMBRE:		ZONA URBANA DE CANCÚN
POLÍTICA AMBIENTAL		Aprovechamiento Sustentable
RECURSOS Y PROCESOS PRIORITARIOS		Suelo y cobertura vegetal
USOS COMPATIBLES		Los que se establezcan en su Programa de desarrollo urbano Vigente
USOS INCOMPATIBLES		
Recursos y Procesos Prioritarios	Clave	CRITERIOS DE REGULACIÓN ECOLÓGICA
Agua	URB	01, 02, 03, 04, 05, 06, 07, 08, 09, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17
Suelo y Subsuelo		19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29
Flora y Fauna		30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41
Paisaje		43, 44, 45, 46, 47, 48, 49, 50, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 67, 58, 59

7.1. Criterios Ecológicos de Aplicación General

Es en este ordenamiento en el que se basan las autoridades para regular el desarrollo del municipio Benito Juárez. A continuación, se presentan los 39 Criterios Ecológicos de Aplicación General, que son de observancia en todo el territorio municipal de Benito Juárez, independientemente de la unidad de gestión ambiental en la que se ubique el proyecto o actividad. A estos criterios generales le siguen los Criterios Ecológicos de Aplicación Específica, que son los criterios asignados que aplican exclusivamente a la UGA 21 y los 11 Criterios que aplican a las Áreas Urbanas Sujetas a PDU. En cada Criterio se explica el cumplimiento del mismo con respecto a la vinculación con el proyecto analizado:

PROGRAMA DE ORDENAMIENTO ECOLÓGICO LOCAL DEL MUNICIPIO BENITO JUÁREZ	
CRITERIO	CRITERIOS ECOLÓGICOS DE APLICACIÓN GENERAL
G001	En el tratamiento de plagas y enfermedades de plantas en cultivos, jardines, áreas de reforestación y de manejo de la vegetación nativa deben emplearse productos que afecten específicamente la plaga o enfermedad que se desea controlar, así como los fertilizantes que sean preferente orgánicos y que estén publicados en el catálogo vigente por la Comisión Intersecretarial para el Control del Proceso y Uso de

PROGRAMA DE ORDENAMIENTO ECOLÓGICO LOCAL DEL MUNICIPIO BENITO JUÁREZ	
CRITERIO	**CRITERIOS ECOLÓGICOS DE APLICACIÓN GENERAL**
	Plaguicidas, Fertilizantes y Substancias Tóxicas (CICOPLAFEST).
	Por la naturaleza del presente proyecto "*Plantas de tratamiento de aguas residuales y ósmosis inversa*", no se requiere del uso de productos agroquímicos en ninguna de las etapas del proyecto, por lo cual el contenido del presente Criterio no aplica al análisis de vinculación del proyecto sometido a evaluación de impacto ambiental.
G002	Los proyectos que en cualquier etapa empleen agroquímicos de manera rutinaria e intensiva, deberán elaborar un programa de monitoreo de la calidad del agua del subsuelo a fin de detectar, prevenir y, en su caso, corregir la contaminación del recurso. Los resultados del Monitoreo se incorporarán a la bitácora ambiental.
	Por la naturaleza del presente proyecto "Plantas de tratamiento de aguas residuales y ósmosis inversa", no se requiere del uso de productos agroquímicos en ninguna de las etapas del proyecto, por lo cual el contenido del presente Criterio no aplica al análisis de vinculación del proyecto sometido a evaluación de impacto ambiental.
G003	Con la finalidad de restaurar la cobertura vegetal que favorece la captación de agua y la conservación de los suelos, la superficie del predio sin vegetación que no haya sido autorizada para su aprovechamiento, debe ser reforestada con especies nativas propias del hábitat que haya sido afectado.
	La construcción del proyecto autorizado mediante bitácora 23QR2018TD152 que actualmente se está desarrollando, contempla una extensa superficie de áreas verdes que están sujetas a un programa de reforestación y jardinado autorizado por la SEMARNAT, mediante el oficio No. 04/SGA/2060/19, de fecha 20 de septiembre de 2019. En total se está considerando en el proyecto una superficie de 70,200.53 m^2. Adicionalmente, en el predio existen 5 áreas de conservación de manglar, que totalizan una superficie verde adicional de 6,029.84 m^2. Más otras 17 pequeñas áreas con desarrollo de plantas de mangle, que en conjunto totalizan 1,120.46 m^2 adicionales. Por otro lado, el proyecto "Plantas de tratamiento de aguas residuales y ósmosis inversa", no considera áreas adicionales de reforestación a las ya indicadas, debido a que para su instalación no se requiere de superficies adicionales a las ya autorizadas. Con lo anterior, se da cumplimiento al contenido del presente criterio.
G004	En los nuevos proyectos de desarrollo urbano, agropecuario, suburbano, turístico e industrial se deberá separar el drenaje pluvial del drenaje sanitario. El drenaje pluvial de techos, previo al paso a través de un decantador para separar sólidos no disueltos, podrá ser empleado para la captación en cisternas, dispuesto en áreas con jardines o en las áreas con vegetación nativa remanente de cada proyecto. El drenaje pluvial de estacionamientos públicos y privados, así como de talleres mecánicos deberá contar con sistemas de retención de grasas y aceites.
	El proyecto está diseñado para contar con un sistema de drenaje sanitario independiente del drenaje pluvial. En época de lluvias, todo el volumen de aguas pluviales captado dentro de la superficie del proyecto, será filtrado con sistemas de decantación, trampas de grasas y sólidos, así como filtración arenosa, para por último ser canalizado hacia la calle. Este sistema captará de forma exclusiva el agua

PROGRAMA DE ORDENAMIENTO ECOLÓGICO LOCAL DEL MUNICIPIO BENITO JUÁREZ	
CRITERIO	**CRITERIOS ECOLÓGICOS DE APLICACIÓN GENERAL**
	pluvial de áreas hoteleras, comunes, azoteas y áreas de estacionamiento. Por otro lado, el hotel contará con una red sanitaria que proporcionará un servicio adecuado a cada cuarto de hotel, restaurantes, áreas de mantenimiento, etc. Se contará con un sistema de drenaje que canaliza las aguas negras hacia colectores de cárcamos de rebombeo para hacer llegar las aguas servidas a las plantas de tratamiento de aguas negras con que se propone dotar al proyecto. El sistema de drenaje de todos los servicios sanitarios estará construido con tubería de PVC norma. Los sanitarios serán abastecidos de agua de la red de servicios generales distribuida a través de equipos hidroneumáticos.
G005	Para permitir la adecuada recarga del acuífero, todos los proyectos deben acatar lo dispuesto en el artículo 132 de la LEEPAQROO o la disposición jurídica que la sustituya.
	La totalidad de las áreas permeables del predio que recibe el proyecto, ya incluidos los cambios de superficies autorizados, contabilizan un total permeable de 97,440.87 m^2, lo que equivale al 43.586 % de superficie total del predio, por lo que cumple con el artículo 132 de la Ley del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente del Estado de Quintana Roo, que requiere el 40 % o más de la superficie total del predio.
G006	Con la finalidad de evitar la fragmentación de los ecosistemas y el aislamiento de las poblaciones, se deberán agrupar las áreas de aprovechamiento preferentemente en áreas “sin vegetación aparente “y mantener la continuidad de las áreas con vegetación natural. Para lo cual, el promovente deberá presentar un estudio de zonificación ambiental que demuestre la mejor ubicación de la infraestructura planteada por el proyecto, utilizando preferentemente las áreas perturbadas por usos previos o con vegetación secundaria o acahual.
	Debido a que el proyecto autorizado mediante bitácora 23QR2018TD152, se desplanta sobre un terreno en el que no existen ecosistemas o vegetación forestal natural (con excepción de las áreas de conservación de mangle que no se tocarán con el proyecto), no presenta el riesgo de fragmentación de ecosistemas o el aislamiento de poblaciones de plantas y animales. Por otro lado, debido a que el proyecto “Plantas de tratamiento de aguas residuales y ósmosis inversa”, se realizará dentro de las instalaciones ya autorizadas, y debido a que no se desplantará sobre superficies adicionales a las ya evaluadas, no requerirá de desmontes ni chapeos adicionales, por lo que su desarrollo no requiere de afectar áreas con vegetación natural.
G007	En los proyectos en donde se pretenda llevar a cabo la construcción de caminos, bardas o cualquier otro tipo de construcción que pudiera interrumpir la conectividad ecosistémica deberán implementar pasos de fauna menor (pasos inferiores) a cada 50 metros, con excepción de áreas urbanas.
	Debido a que el proyecto “Plantas de tratamiento de aguas residuales y ósmosis inversa”, se plantea sobre superficies de terreno ya autorizado en materia de impacto ambiental, su instalación y operación no representa una interrupción de la conectividad entre ecosistemas.
G008	Los humedales, rejolladas inundables, petenes, cenotes, cuerpos de agua superficiales, presentes en los predios deberán ser incorporados a las áreas de conservación.

PROGRAMA DE ORDENAMIENTO ECOLÓGICO LOCAL DEL MUNICIPIO BENITO JUÁREZ	
CRITERIO	**CRITERIOS ECOLÓGICOS DE APLICACIÓN GENERAL**
	Dentro de la superficie del predio que recibirá al proyecto, existen 22 zonas de conservación con vegetación de manglar, que se mantienen y son consideradas como tales en el plan maestro del proyecto, cumpliendo así con el objetivo de este criterio.
G009	Salvo en las UGA urbanas, los desarrollos deberán ocupar el porcentaje de aprovechamiento o desmonte correspondiente para la UGA en la que se encuentre, y ubicarse en la parte central del predio, en forma perpendicular a la carretera principal. Las áreas que no sean intervenidas no podrán ser cercadas o bardeadas y deberán ubicarse preferentemente a lo largo del perímetro del predio en condiciones naturales y no podrán ser desarrolladas en futuras ampliaciones.
	El proyecto propuesto cae dentro del supuesto de excepción enunciado en este criterio, ya que se trata de una UGA urbana, por lo cual el presente criterio no aplica.
G010	Sólo se permite la apertura de nuevos caminos de acceso para las actividades relacionadas a los usos compatibles, así como aquellos relacionados con el establecimiento de redes de distribución de servicios básicos necesarios para la población.
	No se considera la construcción de caminos de acceso para el presente proyecto
G011	El porcentaje de desmonte que se autorice en cada predio, deberá estar acorde a cada uso compatible y no deberá exceder el porcentaje establecido en el lineamiento ecológico de la UGA, aplicando el principio de equidad y proporcionalidad.
	El contenido del presente criterio está dirigido a las autoridades municipales para la orientación de sus políticas urbanas contenidas en los Programas de Desarrollo Urbano. Por lo anterior, este criterio no aplica al presente análisis de vinculación con el proyecto.
G012	En el caso de desarrollarse varios usos de suelo compatibles en el mismo predio, los porcentajes de desmonte asignados a cada uno de ellos solo serán acumulables hasta alcanzar el porcentaje definido en el lineamiento ecológico.
	Al predio para el desarrollo del proyecto en evaluación le aplica un solo uso de suelo. Por lo anterior, este criterio no aplica al presente análisis de vinculación con el proyecto.
G013	En la superficie de aprovechamiento autorizada previo al desarrollo de cualquier obra o actividad, se deberá de ejecutar un programa de rescate de flora y fauna.
	Para poder iniciar con los trabajos preliminares para la construcción del Proyecto autorizado mediante bitácora 23QR2018TD152, se realizaron los trabajos para el rescate de la vegetación que se presentaba en las áreas de desplante del proyecto, incluyendo aquellas especies nativas que pueden ser utilizadas en la jardinería y reforestación. Las especies que han sido rescatadas de forma prioritaria, han sido aquellas que se encuentran bajo alguna categoría de protección de la NOM-059-SEMARNAT-2010 o ser especies nativas de importancia ecológica. El 20 de septiembre de 2019, la Delegación de la SEMARNAT en el estado de Quintana Roo notificó el oficio número 04/SGA/2060/19, mediante el cual

PROGRAMA DE ORDENAMIENTO ECOLÓGICO LOCAL DEL MUNICIPIO BENITO JUÁREZ	
CRITERIO	**CRITERIOS ECOLÓGICOS DE APLICACIÓN GENERAL**
	se validó el **Programa de Rescate de Flora Nativa, Jardinado y Reforestación,** con lo cual se dio inicio a los trabajos en el predio, logrando el rescate de toda la vegetación de las áreas autorizadas, con un total de **40,432** ejemplares pertenecientes a 13 especies nativas. De igual manera se realizó el **Programa de Rescate y Reubicación de Fauna Nativa**, el cual inició el 11 de noviembre de 2019 y se concluyó el 11 de abril de 2020. Una vez concluidos los trabajos de campo, se elaboró el **Reporte Final de Resultados**. El pasado 25 de agosto de 2020, se presentó este **Reporte Final de Resultados** ante la representación de la **PROFEPA** y posteriormente, el día 26 de agosto de 2020, se presentó un ejemplar de este reporte, sellado por la PROFEPA, ante la representación de la **SEMARNAT** en el estado. Con estos antecedentes, se da por cumplido el contenido del presente criterio ecológico, ya que para la instalación de las plantas que se propone en la presente MIA, no se requerirá de la afectación de nuevas áreas con desarrollos vegetales ni la afectación de fauna.
G014	En los predios donde no exista cobertura arbórea, o en el caso que exista una superficie mayor desmontada a la señalada para la unidad de gestión ambiental ya sea por causas naturales y/o usos previos, el proyecto sólo podrá ocupar la superficie máxima de aprovechamiento que se indica para la unidad de gestión ambiental y la actividad compatible que pretenda desarrollarse.
	El predio donde se construye el proyecto autorizado mediante bitácora 23QR2018TD152, no presentaba cobertura arbórea natural, pues solo se presentaba lo que se conoce como acahual. Una vez autorizadas las superficies de desplante del proyecto, se ha comenzado a realizar un programa de reforestación y jardinado que enriquece las áreas naturales no ocupadas por el proyecto. Por otro lado, para el proyecto “Plantas de tratamiento de aguas residuales y ósmosis inversa” que se presenta a evaluación, no requiere para su instalación de áreas adicionales a las ya autorizadas para la construcción del hotel.
G015	En los ecosistemas forestales deberán eliminarse los ejemplares de especies exóticas considerados como invasoras por la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO) que representen un riesgo de afectación o desplazamiento de especies silvestres. El material vegetal deberá ser eliminado mediante procedimientos que no permitan su regeneración y/o propagación.
	Se han eliminado los ejemplares de pino de mar (*Casuarina equisetifolia*) que se encontraban presentes en el predio.
G016	La introducción y manejo de palma de coco (*Cocos nucifera*) debe restringirse a las variedades que sean resistentes a la enfermedad conocida como “amarillamiento letal del cocotero“
	No se considera la introducción de palmas de coco de ninguna especie. Los individuos que ya existen en el predio precisamente son variedades modificadas que son resistentes al plasmodio del amarillamiento letal del cocotero.
G017	Se permite el manejo de especies exóticas, cuando: 1. La especie no esté catalogada como especie invasora por la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad y/o La SAGARPA.

PROGRAMA DE ORDENAMIENTO ECOLÓGICO LOCAL DEL MUNICIPIO BENITO JUÁREZ	
CRITERIO	**CRITERIOS ECOLÓGICOS DE APLICACIÓN GENERAL**
	2. La actividad no se proyecte en cuerpos naturales de agua, 3. El manejo de fauna, en caso de utilizar encierros, se debe realizar el tratamiento secundario por medio de biodigestores autorizados por la autoridad competente en la materia de aquellas aguas provenientes de la limpieza de los sitios de confinamiento. 4. Se garantice el confinamiento de los ejemplares y se impida su dispersión o distribución al medio natural. 5. Deberán estar dentro de una Unidad de Manejo Ambiental o PIMVS.
	El proyecto no considera la introducción especies vegetales exóticas, en cambio se pretende utilizar únicamente especies nativas que se encuentran naturalmente pre-adaptadas a las condiciones del suelo, clima y enfermedades y plagas de la región. En el caso de la fauna, el proyecto hidráulico que se propone no incluye la introducción o manejo de especies de fauna de ningún tipo.
G018	No se permite la acuicultura en cuerpos de agua en condiciones naturales, ni en cuerpos de agua artificiales con riesgo de afectación a especies nativas.
	Por su naturaleza, el proyecto “Plantas de tratamiento de aguas residuales y ósmosis inversa”, no tiene relación con un proyecto de acuicultura, por lo que el contenido del presente criterio ecológico no es vinculante con el proyecto que se propone.
G019	Todos los caminos abiertos que estén en propiedad privada, deberán contar con acceso controlado, a fin de evitar posibles afectaciones a los recursos naturales existentes.
	No existen caminos abiertos que deban ser controlados.
G020	Los cenotes, rejolladas inundables y cuerpos de agua deberán mantener inalterada su estructura geológica y mantener el estrato arbóreo, asegurando que la superficie establecida para su uso garantice el mantenimiento de las condiciones ecológicas de dichos ecosistemas.
	El proyecto “Plantas de tratamiento de aguas residuales y ósmosis inversa”, no requiere de la afectación de cenotes, rejolladas inundables o cuerpos de agua, ni la alteración de ningún estrato arbóreo, por lo que el contenido del presente criterio ecológico no es vinculante con el proyecto que se propone.
G021	Donde se encuentren vestigios arqueológicos, deberá reportarse dicha presencia al Instituto Nacional de Antropología e Historia (INAH) y contar con su correspondiente autorización para la construcción de la obra o realización de actividades.
	No existen vestigios arqueológicos en el área del proyecto.
G022	El derecho de vía de los tendidos de energía eléctrica de alta tensión sólo podrá ser utilizado conforme a la normatividad aplicable, y en apego a ella no podrá ser utilizado para asentamientos humanos.
	Por la naturaleza y localización del proyecto “Plantas de tratamiento de aguas residuales y ósmosis inversa”, no se invadirá ningún derecho de vía de tendidos de energía eléctrica.

PROGRAMA DE ORDENAMIENTO ECOLÓGICO LOCAL DEL MUNICIPIO BENITO JUÁREZ	
CRITERIO	**CRITERIOS ECOLÓGICOS DE APLICACIÓN GENERAL**
G023	La instalación de infraestructura de conducción de energía eléctrica de baja tensión y de comunicación deberá ser subterránea en el interior de los predios, para evitar la contaminación visual del paisaje y afectaciones a la misma por eventos meteorológicos extremos y para minimizar la fragmentación de ecosistemas.
	Tanto proyecto autorizado mediante bitácora 23QR2018TD152 como el de las "Plantas de tratamiento de aguas residuales y ósmosis inversa" que se somete a evaluación, han integrado en sus diseños que toda la infraestructura alámbrica será subterránea.
G024	Los taludes de los caminos y carretera deberán ser reforestados con plantas nativas de cobertura y herbáceas que limiten los procesos de erosión.
	No se construirán caminos o carreteras.
G025	En ningún caso la estructura o cimentación de las construcciones deberá interrumpir la hidrodinámica natural superficial y/o subterránea.
	Para la evaluación del hotel que se construye, en 2018 se presentó una MIA vinvulada con un anexo que consistía en el estudio geohidrológico del terreno, para documentar que la cimentación de los edificios del hotel no interrumpirían la hidrodinámica natural superficial y/o subterránea de la zona: "*El agua subterránea de "buena calidad" en esta unidad acuífera se presenta como un delgado estrato de 3 metros de agua dulce flotando por densidad sobre un cuerpo regional de agua salina de composición cercana a la de mar*" y que "*Las aguas del subsuelo cuentan con una dirección preferencial del flujo subterráneo dominado principalmente por los conductos de disolución subterráneos o bien por las fracturas con dirección predominantemente NW-SE*". Este estudio concluye que los pilotes de cimentación de la infraestructura propuesta, que tendrán de 14 a 20 m de profundidad, no causarán interrupción hidrodinámica de los flujos subterráneos: "*La construcción de la cimentación de los edificios no representará taponamientos para el drenado natural de las aguas subterráneas, pero el drenaje pluvial deberá ser diseñado para desalojar los volúmenes picos señalados en el rubro del clima. De esta manera* ***no se prevé afectación alguna por la construcción de cimientos, sobre el acuífero que subyace al predio****. Esto toda vez que, en el caso de que se construyan pilas o pilotes la superficie que se pudiera oponer a los flujos preferenciales no será más del 0.1% de la superficie que ocupan dichas descargas. En caso de que se utilizaran como cimientos zapatas corridas estas, no verán afectadas los flujos de agua subterráneos".* *De esta forma, se tiene que las estructuras propuestas "Pilotes" no interfieren con los flujos preferenciales puntuales del acuífero que subyace al predio ya que, el acuífero muy delgado de agua dulce no se verá desviado por la construcción de estos pilotes".* Por otro lado, el proyecto de "Plantas de tratamiento de aguas residuales y ósmosis inversa" que se somete a evaluación, de la misma forma que la totalidad del hotel, no interfieren con los flujos preferenciales puntuales del acuífero que subyace al predio, ya que los pilotes de los recintos en que serán instaladas son puntuales también y solo alcanzan una profundidad de 11 m. Por último, se analizó el efecto potencial de los pozos asociados al proyecto. Como se ha descrito en capítulos precedentes, el proyecto incluye la perforación de nueve pozos de aprovechamiento (tres de

PROGRAMA DE ORDENAMIENTO ECOLÓGICO LOCAL DEL MUNICIPIO BENITO JUÁREZ	
CRITERIO	**CRITERIOS ECOLÓGICOS DE APLICACIÓN GENERAL**
	ellos serán de respaldo), así como nueve pozos de rechazo (tres de ellos serán de respaldo), para descarga del agua de rechazo generada por el proceso de ósmosis inversa. También se contará con ocho pozos de absorción, dos de ellos de respaldo, para los excedentes del efluente de la planta de tratamiento de aguas residuales. Como ya se ha descrito en el capítulo II, el diseño de los pozos se ha basado en los resultados del estudio geohidrológico y las pruebas estática y dinámica que se realizaron en el predio del proyecto. Con esto se garantiza que el aprovechamiento será de agua de la cuña salina con una concentración de 36,000 ppm, no se está afectando el acuífero de agua dulce que sobre nada a la lente de agua salobre. Por otro lado, debido a que el diámetro del ademe es 30.48 cm no representa una barrera de los flujos preferenciales del acuífero, por lo que dichos flujos no se verán afectados. La misma situación se presenta para los pozos de rechazo, ya que en este caso se estará ingresando agua al manto salino sin afectación del acuífero de agua dulce, toda vez que las descargas se realizarán a los 80 m de profundidad donde está claramente la cuña salina. Con lo anterior, se da cumplimiento al contenido del presente Criterio Ecológico.
G026	De acuerdo a lo que establece el Reglamento Municipal de Construcción, los campamentos de construcción o de apoyo y todas las obras en general deben: A. Contar con al menos letrina por cada 20 trabajadores. B. Áreas específicas y delimitadas para la pernocta y/o para la elaboración y consumo de alimentos, con condiciones higiénicas adecuadas (ventilación, miriñaques, piso de cemento, correcta iluminación, lavamanos, entre otros). C. Establecer las medidas necesarias para almacenamiento, retiro, transporte y disposición final de los residuos sólidos generados. D. Establecer medidas para el correcto manejo, almacenamiento, retiro transporte y disposición final de los residuos peligrosos.
	Para la realización del proyecto “Plantas de tratamiento de aguas residuales y ósmosis inversa”, no se requiere de la construcción de un campamento para los trabajadores. De igual manera, por su naturaleza, este proyecto no requiere de un comedor temporal para proporcionar alimentos a los trabajadores. Para los servicios sanitarios, se contará con letrinas portátiles a razón de 1 por cada 20 trabajadores.
G027	En el diseño y construcción de los sitios de disposición final de Residuos Sólidos Urbanos se deberán colocar en las celdas para residuos y en el estanque de lixiviados, una geomembrana de polietileno de alta densidad o similar, con espesor mínimo de 1.5 mm. Previo a la colocación de la capa protectora de la geomembrana se deberá acreditar la aprobación de las pruebas de hermeticidad de las uniones de la geomembrana por parte de la autoridad que supervise su construcción.
	Este criterio es dirigido a las autoridades o concesionarios que pretendan desarrollar un relleno sanitario que cumpla con todas las especificaciones técnicas que impidan que los lixiviados de la basura se filtren al subsuelo. Por lo anterior, el contenido de este criterio resulta no vinculante con el proyecto analizado.

PROGRAMA DE ORDENAMIENTO ECOLÓGICO LOCAL DEL MUNICIPIO BENITO JUÁREZ	
CRITERIO	**CRITERIOS ECOLÓGICOS DE APLICACIÓN GENERAL**
G028	La disposición de materiales derivados de obras, excavaciones o dragados sólo podrá realizarse en sitios autorizados por la autoridad competente, siempre y cuando no contengan residuos sólidos urbanos, así como aquellos que puedan ser catalogados como peligrosos por la normatividad vigente.
	Los residuos de obra se dispondrán donde la autoridad municipal lo indique.
G029	La disposición final de residuos sólidos únicamente podrá realizarse en los sitios previamente aprobados para tal fin.
	Los residuos sólidos serán entregados al sistema de colecta municipal que los dispondrá en el lugar designado para ello.
G030	Los desechos biológicos infecciosos no podrán disponerse en el relleno sanitario y/o en depósitos temporales de servicio municipal.
	Por la naturaleza del proyecto propuesto, no se anticipa la producción de desechos biológico-infecciosos. Sin embargo, la zona de obras cuenta con un depósito de residuos peligrosos, que en caso de ser necesario se utilizará para el confinamiento temporal de este tipo de residuos hasta que un servicio especializado en su manejo los retire de la obra.
G031	Los sitios de disposición final de RSU deberán contar con un banco de material pétreo autorizado dentro del área proyectada, mismo que se deberá ubicar aguas arriba de las celdas de almacenamiento y que deberá proveer diariamente del material de cobertura.
	El proyecto no es un sitio de disposición final de RSU.
G032	Se prohíbe la quema de basura, así como su entierro o disposición a cielo abierto.
	La basura generada será entregada a los camiones recolectores. Por lo anterior, no se contempla la quema de basura, su entierro o disposición a cielo abierto.
G033	Todos los proyectos deberán contar con áreas específicas para el acopio temporal de los residuos sólidos. En el caso de utilizar el servicio municipal de colecta, dichas áreas deben ser accesibles a la operación del servicio.
	Los residuos sólidos, de acuerdo a su naturaleza, se colocan en depósitos temporales para metales, vidrio, PVC, papel y cartón, etc. Lo anterior permite que muchos materiales de desecho puedan ser entregados a empresas recicladoras para su aprovechamiento, reduciendo significativamente el volumen de residuos sólidos dispuestos en el relleno sanitario. Para garantizar que el manejo y disposición final de estos desechos sólidos urbanos sean trasladados y depositados en el relleno sanitario y no tirados en terrenos baldíos o en áreas despobladas, se tiene un control de los recibos de recepción de cada viaje de basura que se lleva al relleno sanitario.
G034	El material pétreo, sascab, piedra caliza, tierra negra, tierra despalme, madera, materiales vegetales y/o

PROGRAMA DE ORDENAMIENTO ECOLÓGICO LOCAL DEL MUNICIPIO BENITO JUÁREZ	
CRITERIO	**CRITERIOS ECOLÓGICOS DE APLICACIÓN GENERAL**
	arena, que se utilice en la construcción de un proyecto, deberá provenir de fuentes y/o bancos de material autorizados.
	Todos los materiales a utilizar provendrán de sitios autorizados.
G035	En la superficie en la que por excepción la autoridad competente autorice la remoción de la vegetación, también se podrá retirar el suelo, subsuelo y las rocas para nivelar el terreno e instalar los cimientos de las edificaciones e infraestructura, siempre y cuando no se afecten los ríos subterráneos que pudieran estar presentes en los predios que serán intervenidos.
	En el sitio del proyecto no se requiere de remover vegetación forestal ni existen ríos subterráneos.
G036	Los desechos orgánicos derivados de las actividades agrícolas, pecuarias y forestales deberán aprovecharse en primera instancia para la recuperación de suelos, y/o fertilización orgánica de cultivos y áreas verdes, previo composteo y estabilización y ser dispuestos donde lo indique la autoridad competente en la materia.
	El proyecto “Plantas de tratamiento de aguas residuales y ósmosis inversa”, no incluye actividades agrícolas.
G037	Todos los proyectos que impliquen la remoción de la vegetación y el despalme del suelo deberán realizar acciones para la recuperación de la tierra vegetal, realizando su separación de los residuos vegetales y pétreos, con la finalidad de que sea utilizada para acciones de reforestación dentro del mismo proyecto o donde lo disponga la autoridad competente en la materia, dentro del territorio municipal.
	Para la realización del proyecto “Plantas de tratamiento de aguas residuales y ósmosis inversa”, no se requiere de la remoción de vegetación, por lo que el contenido del presente criterio no resulta vinculante con el proyecto que se somete a evaluación en materia de impacto ambiental.
G038	No se permite la transferencia de densidades de cuartos de hotel, residencias campestres, cabañas rurales y/o cabañas ecoturísticas de una unidad de gestión ambiental a otra.
	El proyecto no requiere de transferencia de densidades de una unidad de gestión ambiental a otra.
G039	El porcentaje de desmonte permitido en cada UGA que impliquen el cambio de uso de suelo de la vegetación forestal, solo podrá realizarse cuando la autoridad competente expida por excepción las autorizaciones de cambio de uso de suelo de los terrenos forestales.
	Para la realización del proyecto “Plantas de tratamiento de aguas residuales y ósmosis inversa”, no se requiere de la realización de desmontes de vegetación, por lo que el contenido del presente criterio no resulta vinculante con el proyecto que se somete a evaluación en materia de impacto ambiental.

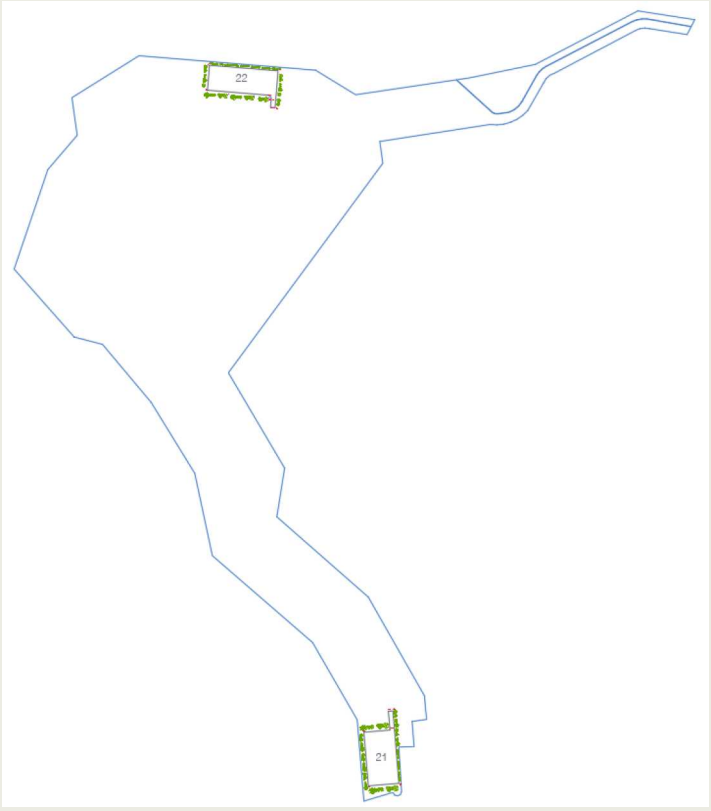
7.2. Criterios Ecológicos de Carácter Específico

Adicionalmente a los Criterios Ecológicos que son de aplicación general, indicados en la actualización del Programa de Ordenamiento Ecológico Local del Municipio de Benito Juárez, adicionalmente contiene 57 Criterios de Regulación Ecológica de Carácter Específico para Zona Urbana de Cancún, es decir, exclusivamente para la **UGA 21**:

CRITERIO	CRITERIOS ECOLÓGICOS DE REGULACIÓN URBANA
	Recurso Agua
URB-01	En tanto no existan sistemas municipales para la conducción y tratamiento de las aguas residuales municipales, los promoventes de nuevos proyectos, de hoteles, fraccionamientos, condominios, industrias y similares, deberán instalar y operar por su propia cuenta, sistemas de tratamiento y reciclaje de las aguas residuales, ya sean individuales o comunales, para satisfacer las condiciones particulares que determinen las autoridades competentes y las normas oficiales mexicanas aplicables en la materia.
	El proyecto "Plantas de tratamiento de aguas residuales y ósmosis inversa", que se somete a revisión consiste precisamente en instalar y operar por su propia cuenta, sistemas de tratamiento y reciclaje de las aguas residuales, cumpliendo con las características particulares del efluente indicadas por las normas oficiales mexicanas aplicables en la materia, no obstante que el Municipio de Benito Juárez cuenta con sistemas de conducción y tratamiento de aguas residuales, y que la Comisión de Agua Potable y Alcantarillado del Estado de Quintana Roo no ha emitido la respectiva Factibilidad de servicios de agua potable y alcantarillado para el "Proyecto autorizado mediante bitácora 23QR2018TD152".
URB-02	A fin de evitar la contaminación ambiental y/o riesgos a la salud pública y sólo en aquellos casos excepcionales en que el tendido de redes hidrosanitarias no exista, así como las condiciones financieras, socioeconómicas y/o topográficas necesarias para la introducción del servicio lo ameriten y justifiquen, la autoridad competente en la materia podrá autorizar a persona físicas el empleo de biodigestores para que en sus domicilios particulares se realice de manera permanente un tratamiento de aguas negras domiciliarias. Estos sistemas deberán estar aprobados por la autoridad ambiental competente.
	Este Criterio no aplica al análisis del proyecto, toda vez que se refiere a biodigestores para que domicilios particulares que lleven a cabo el tratamiento de aguas negras domiciliarias.
URB-03	En zonas que ya cuenten con el servicio de drenaje sanitario el usuario estará obligado a conectarse a dicho servicio. En caso de que a partir de un dictamen técnico del organismo operador resulte no ser factible tal conexión, se podrán utilizar sistemas de tratamiento debidamente certificados y contar con la autorización para las descargas por la CONAGUA.
	El proyecto "Plantas de tratamiento de aguas residuales y ósmosis inversa", ha sido diseñado para proporcionar al hotel, la capacidad de ser autosuficiente respecto de la producción de agua dulce mediante el tratamiento de aguas salobre con el sistema de ósmosis inversa, así como el tratamiento de las aguas servidas con el equipamiento de modernas y eficientes plantas de tratamiento de aguas

CRITERIO	CRITERIOS ECOLÓGICOS DE REGULACIÓN URBANA
	residuales. Esto ha sido necesario integrarlo al proyecto del hotel, debido a las siguientes razones: El pasado día 7 de mayo de 2021, se presentó ante la Comisión de Agua Potable Alcantarillado del Estado de Quintana Roo (CAPA), un escrito en el que se solicita la factibilidad de esta operadora para proporcionar al hotel los servicios de agua potable y alcantarillado (se anexa copia del escrito con su sello de recibido). Debido a que esta solicitud no ha sido respondida por la CAPA, se ha decidido utilizará equipos modernos de última generación y capacidad suficiente para los requerimientos de estos servicios de todo el conjunto hotelero, para lo cual tramitará todas las autorizaciones, permisos y concesiones necesarias ante las autoridades correspondientes.
URB-04	Los sistemas de producción agrícola intensiva (invernaderos, hidroponía y viveros) que se establezcan dentro de los centros de población deben reducir la pérdida del agua de riego, limitar la aplicación de agroquímicos y evitar la contaminación de los mantos freáticos.
	Por la naturaleza del presente proyecto, este Criterio no aplica al análisis de impacto ambiental.
URB-05	En el caso de los campos de golf o usos de suelo similares que requieran la aplicación de riegos con agroquímicos y/o aguas residuales tratadas, deberán contar con la infraestructura necesaria para la optimización y reciclaje del agua. Evitando en todo la contaminación al suelo, cuerpos de agua, y mantos freáticos.
	Por la naturaleza del presente proyecto, este Criterio no aplica al análisis de impacto ambiental.
URB-06	Los proyectos de campos deportivos y/o de golf, así como las áreas jardinadas de desarrollos turísticos deberán minimizar el uso de fertilizantes y/o pesticidas químicos para evitar riesgos de contaminación.
	Por la naturaleza del presente proyecto, este Criterio no aplica al análisis de impacto ambiental.
URB-07	No se permite la disposición de aguas residuales sin previo tratamiento hacia los cuerpos de agua, zonas de inundables y/o al suelo y subsuelo, por lo que se promoverá que se establezca un sistema integral de drenaje y tratamiento de aguas residuales.
	El proyecto “Plantas de tratamiento de aguas residuales y ósmosis inversa”, atiende precisamente al contenido del presente criterio ambiental, por lo que, para el tratamiento de las aguas servidas del hotel, utilizará equipos modernos de última generación y capacidad suficiente para los requerimientos de todo el conjunto.
URB-08	En las zonas urbanas y sus reservas del Municipio de Benito Juárez se deberán establecer espacios jardinados que incorporen elementos arbóreos y arbustivos de especies nativas.
	Es a las autoridades a las que corresponde la planeación y desarrollo en las zonas urbanas y sus reservas del Municipio de Benito Juárez, por lo que queda fuera de los alcances del promovente el establecimiento de los espacios jardinados mencionados.
URB-09	Para mitigar el aumento de la temperatura y la sensación térmica en las zonas urbanas, mejorar el paisaje, proteger las zonas de infiltración de aguas y recarga de los mantos acuíferos, dotar espacios

CRITERIO	CRITERIOS ECOLÓGICOS DE REGULACIÓN URBANA
	para recreación y mejoramiento de la calidad de vida de los ciudadanos en general, deben existir parques y espacios recreativos que cuenten con elementos arbóreos y arbustivos y cuya separación no será mayor a un km entre dichos parques.
	Por la naturaleza del presente proyecto, este Criterio no aplica al análisis de impacto ambiental.
URB-10	Los cenotes, rejolladas inundables y cuerpos de agua presentes en los centros de población deben formar parte de las áreas verdes, asegurando que la superficie establecida para tal destino del suelo garantice el mantenimiento de las condiciones ecológicas de dichos ecosistemas.
	El contenido del presente criterio se refiere al desarrollo de un centro de población, por lo que no resulta vinculante con la naturaleza del presente proyecto sometido a evaluación.
URB-11	Para el ahorro del recurso de agua, las nuevas construcciones deberán implementar tecnologías que aseguren el ahorro y uso eficiente del agua.
	El objetivo principal del proyecto “Plantas de tratamiento de aguas residuales y ósmosis inversa”, es transformar las aguas negras en aguas reutilizables mediante un tratamiento que elimine los productos químicos o biológicos nocivos. Con ello, se busca que no represente ningún impacto negativo para el medio ambiente al introducirse en el suelo. Por ello, se ha seleccionado un sistema de alta calidad para el tratamiento de las aguas residuales. El tratamiento de aguas residuales constituye un modo de reducir los residuos generados. Del mismo modo que facilita el ahorro de dinero, garantiza la eliminación de los productos químicos en el agua tratada de modo seguro y respetuoso con el medio ambiente. También representa un ahorro real de agua debido a la planta de tratamiento de efluentes. En la medida en que la planta recicla el agua contaminada el proceso supone una pérdida inferior de agua, lo que, de nuevo, es positivo para el medio ambiente. El agua salobre es agua con niveles de salinidad entre agua de mar y agua dulce. Se encuentra donde el agua superficial o subterránea se mezcla con el agua de mar, en profundos “acuíferos fósiles”, y donde la sal se disuelve de los depósitos minerales acumulados con el tiempo a medida que la precipitación se filtra en los acuíferos. Hasta hace poco tiempo el agua salobre había sido subestimada. Pero conforme los sistemas de desalinización se hacen más eficientes y baratos y los recursos de agua dulce se han agotado de manera radical, cada vez se está utilizando más la desalinización del agua salobre. Lo anterior representa un ahorro importante del agua dulce cada vez más escasa. Por último, el Hotel contará con un Sistema para el Aprovechamiento de agua pluvial, a partir de los drenajes de agua pluviales de azoteas y balcones las cuales serán dirigidas a la cisterna de agua dura del edificio, la cual se aprovechará para riego y lo sobrante se tratará y se utilizará en los edificios. Así mismo el resto del excedente producto de una lluvia se enviará al manto freático mediante pozo de absorción de aguas pluviales.
URB-12	En las plantas de tratamiento de aguas residuales y de desactivación de lodos deberán implementarse procesos para la disminución de olores y establecer franjas de vegetación arbórea de al menos 15 m de ancho que presten el servicio de barreras dispersantes de malos olores dentro del predio que se encuentren dichas instalaciones.

CRITERIO	CRITERIOS ECOLÓGICOS DE REGULACIÓN URBANA
	El proyecto “Plantas de tratamiento de aguas residuales y ósmosis inversa”, ha sido diseñado de tal forma, que los procesos de tratamiento de aguas residuales se encuentren totalmente libres de la emisión de malos olores. Se trata de un sistema patentado de tratamiento primario hermético con respiradero de carbón activado. Todos los procesos aeróbicos (con presencia de oxígeno) evitan la generación de gases tales como el ácido sulfhídrico y el metano (responsables de los malos olores). Se trata de un proceso de tratamiento biológico secuencial ideal para proyectos industriales, en los cuales los procesos aeróbicos y un tratamiento primario hermético evitan la propagación de olores. Asociado con un diseño muy compacto y modular, permite una integración sencilla en cualquier entorno. Por otro lado, respecto a los lodos, los equipos producen lodos estabilizados y deshidratados (mediante prensado), por lo cual cumplen con la norma oficial mexicana NOM-004-SEMARNAT-2002 que define los usos permisibles en base al grado de calidad del lodo. Estos lodos se pueden incorporar a una composta para su mineralización”. Adicionalmente a todo lo anterior, estas plantas de tratamiento, estarán localizadas dentro de construcciones especialmente diseñadas para un efectivo confinamiento con paredes y techos cerrados, por lo que no se requiere de una barrera vegetal para evitar la dispersión de olores. Como complemento a lo anterior, en el predio se están desarrollando programas de reforestación en todas las áreas que no reciben el sembrado del proyecto, lo cual está siendo reforzado con otro programa de jardinería, también en proceso. Adicionalmente a lo anterior, para atender el contenido del presente criterio, se ha planteado realizar una jardinería perimetral de las áreas de instalación de las plantas de tratamiento, para reforzar así el efecto aislante de la vegetación en derredor de las plantas. 
URB-13	La canalización del drenaje pluvial hacia espacios verdes, cuerpos de agua superficiales o pozos de absorción, debe realizarse previa filtración de sus aguas con sistemas de decantación, trampas de grasas y sólidos, u otros que garanticen la retención de sedimentos y contaminantes. Dicha canalización deberá ser autorizada por la Comisión Nacional del Agua.
	Las aguas de origen pluvial serán canalizadas a una cisterna para su acopio y uso en el riego de las áreas verdes del proyecto, y en caso de lluvias excepcionales, las demasías serán canalizadas a un pozo

CRITERIO	CRITERIOS ECOLÓGICOS DE REGULACIÓN URBANA
	de absorción calificado por la Comisión Nacional del Agua.
URB-14	Los crematorios deberán realizar un monitoreo y control de sus emisiones a la atmósfera.
	Por la naturaleza del presente proyecto, este Criterio no aplica al análisis de impacto ambiental.
URB-15	Los cementerios deberán impermeabilizar paredes y piso de las fosas, con el fin de evitar contaminación al suelo, subsuelo y manto freático.
	Por la naturaleza del presente proyecto, este Criterio no aplica al análisis de impacto ambiental.
URB-16	Los proyectos en la franja costera dentro de las UGA urbanas deberán tomar en cuenta la existencia de las bocas de tormenta que de manera temporal desaguan las zonas sujetas a inundación durante la ocurrencia de lluvias extraordinarias o eventos ciclónicos. Por ser tales sitios zonas de riesgo, en los espacios públicos y privados se deben de realizar obras de ingeniería permanentes que en una franja que no será menor de 20 m conduzcan y permitan el libre flujo que de manera natural se establezca para el desagüe.
	El predio propuesto para la ejecución del presente proyecto, no se localiza en una zona que presente bocas de tormenta, estacionales o permanentes, ya que no existe una vinculación con zonas sujetas a inundación durante la ocurrencia de lluvias extraordinarias o eventos ciclónicos. Por lo anterior, este Criterio no aplica al análisis de impacto ambiental.
URB-17	Serán susceptible de aprovechamiento los recursos biológicos forestales, tales como semilla, que generen los árboles urbanos, con fines de propagación por parte de particulares, mediante la autorización de colecta de recursos biológicos forestales.
	Actualmente, como parte de los cumplimientos de condicionantes del resolutivo que autorizó la construcción del hotel, se está realizando un “Programa de Jardinado y Reforestación". Dicho programa incluye la propuesta de rescate de la flora silvestre que se encuentra en la superficie de desmonte del proyecto para su posterior acondicionamiento y reubicación (reforestación y jardinado) dentro de las áreas verdes del proyecto y sus inmediaciones, a través de métodos estandarizados de colecta, extracción, mantenimiento y trasplante, con la finalidad de asegurar la sobrevivencia de al menos el 80% de las especies rescatadas. Este programa se encuentra validado por la Delegación de la SEMARNAT en el estado de Quintana Roo, mediante el oficio número 04/SGA/2060/19 del 20 de septiembre de 2019. Para el proyecto “Plantas de tratamiento de aguas residuales y ósmosis inversa”, no se requerirá del desmonte de superficies adicionales a las ya autorizadas para el proyecto autorizado mediante bitácora 23QR2018TD152, por lo que no se generarán materiales vegetativos y semillas para su integración al programa de reforestación mencionado.
URB-18	Adicional a los sitios de disposición final autorizados de RSU, se debe contar con un área de acopio y retención de Residuos Especiales, en caso de contingencia, a fin de evitar que se introduzcan en la(s) celda (s).
	Por la naturaleza del presente proyecto, este Criterio no aplica al análisis de impacto ambiental.

CRITERIO	CRITERIOS ECOLÓGICOS DE REGULACIÓN URBANA
	SUELO Y SUBSUELO
URB-19	La autorización emitida por la autoridad competente para la explotación de bancos de materiales pétreos deberá sustentarse en los resultados provenientes de estudios de mecánica de suelos y geohidrológicos que aseguren que no existan afectaciones irreversibles al recurso agua, aun en los casos de afloramiento del acuífero para extracción debajo del manto freático. Estos estudios deberán establecer claramente cuáles serán las medidas de mitigación aplicables al proyecto y los parámetros y periodicidad para realizar el monitoreo que tendrá que realizarse durante todas las etapas del proyecto, incluyendo las actividades de la etapa de abandono.
	Por la naturaleza del presente proyecto, este Criterio no aplica al análisis de impacto ambiental.
URB-20	Con el objeto de integrar cenotes, rejolladas, cuevas y cavernas a las áreas públicas urbanas, se permite realizar un aclareo, poda y modificación de vegetación rastrera y arbustiva presente, respetando en todo momento los elementos arbóreos y vegetación de relevancia ecológica, así como la estructura geológica de estas formaciones.
	En el predio propuesto para la realización del presente proyecto, no se presentan cenotes, rejolladas inundables, cavernas u otro tipo de estructuras cársticas.
URB-21	Los bancos de materiales autorizados deben respetar una zona de amortiguamiento que consiste en una barrera vegetal alrededor del mismo, conforme lo señala el Decreto 36, del Gobierno del Estado; y/o la disposición jurídica que la sustituya.
	Por la naturaleza del presente proyecto, este Criterio no aplica al análisis de impacto ambiental.
URB-22	Para evitar la contaminación del suelo y el subsuelo, en las actividades de extracción y exploración de materiales pétreos deberán realizarse acciones de acopio, separación, utilización y disposición final de cualquier tipo de residuos generados, en el marco de lo que establezcan las disposiciones jurídicas aplicables.
	Por la naturaleza del presente proyecto, este Criterio no aplica al análisis de impacto ambiental.
URB-23	Para reincorporar las superficies afectadas por extracción de materiales pétreos a las actividades económicas del municipio, deberá realizarse la rehabilitación de dichas superficies en congruencia con los usos que prevean los instrumentos de planeación vigentes para la zona.
	Por la naturaleza del presente proyecto, este Criterio no aplica al análisis de impacto ambiental.
URB-24	Los generadores de Residuos de Manejo Especial y los Grandes Generadores de Residuos Sólidos Urbanos deberán contar con un plan de manejo de los mismos, en apego a la normatividad vigente en la materia.
	El proyecto “Plantas de tratamiento de aguas residuales y ósmosis inversa”, no implica la producción de grandes cantidades de residuos sólidos, por lo cual el contenido del presente criterio no aplica a su análisis de vinculación.

CRITERIO	CRITERIOS ECOLÓGICOS DE REGULACIÓN URBANA
URB-25	Para el caso de fraccionamientos habitacionales, el fraccionador deberá construir a su cargo y entregar al Ayuntamiento por cada 1000 viviendas previstas en el proyecto de fraccionamiento, parque o parques públicos recreativos con sus correspondientes áreas jardinadas y arboladas con una superficie mínima de 5,000 metros cuadrados, mismos que podrán ser relacionados a las áreas de donación establecidas en la legislación vigente en la materia. Tratándose de fracciones en el número de viviendas previstas en el fraccionamiento, las obras de equipamiento urbano serán proporcionales, pudiéndose construir incluso en predios distintos al fraccionamiento.
	Debido a que el presente proyecto no corresponde a un fraccionamiento. Este Criterio no aplica al análisis de impacto ambiental.
URB-26	En las etapas de crecimiento de la mancha urbana considerada por el PDU, para mitigar el aumento de la temperatura y la sensación térmica en las zonas urbanas, mejorar el paisaje proteger las zonas de infiltración de aguas y recarga de mantos acuíferos, favorecer la función de barrera contra ruido, dotar espacios para recreación y mejoramiento de la calidad de vida de los ciudadanos en general, los fraccionamientos deben incorporar áreas verdes que contribuyan al Sistema Municipal de Parques, de conformidad con la normatividad vigente en la materia.
	Debido a que el presente proyecto no corresponde a un fraccionamiento. Este Criterio no aplica al análisis de impacto ambiental.
URB-27	La superficie ocupada por equipamiento en las áreas verdes no deberá exceder de un 30% del total de la superficie cada una de ellas.
	Debido a que el presente proyecto no corresponde a un fraccionamiento. Este Criterio no aplica al análisis de impacto ambiental.
URB-28	Para evitar las afectaciones por inundaciones, se prohíbe el establecimiento de fraccionamientos habitacionales, así como de infraestructura urbana dentro del espacio excavado de las sascaberas en desuso y en zonas en donde los estudios indiquen que existe el riesgo de inundación (de acuerdo al Atlas de Riesgos del municipio y/o del estado).
	Por su localización y la propia naturaleza del presente proyecto, este Criterio no aplica al análisis de impacto ambiental.
URB-29	En la construcción de fraccionamientos dentro de las áreas urbanas, se permite la utilización del material pétreo que se obtenga de los cortes de nivelación dentro del predio. El excedente de los materiales extraídos que no sean utilizados deberá disponerse en la forma indicada por la autoridad competente en la materia.
	Por la naturaleza del presente proyecto “Plantas de tratamiento de aguas residuales y ósmosis inversa”, este criterio no aplica al análisis de impacto ambiental.
RECURSO FLORA Y FAUNA	
URB-30	En zonas inundables, se deben mantener las condiciones naturales de los ecosistemas y garantizar la

CRITERIO	CRITERIOS ECOLÓGICOS DE REGULACIÓN URBANA
	conservación de las poblaciones silvestres que las habitan. Por lo que las actividades recreativas de contemplación deben ser promovidas y las actividades de aprovechamiento extractivo y de construcción deben ser condicionadas.
	El proyecto "Plantas de tratamiento de aguas residuales y ósmosis inversa", será desplantado sobre terreno autorizado para el proyecto autorizado mediante bitácora 23QR2018TD152, por lo que no requerirá del desmonte de áreas adicionales a las ya evaluadas. Por lo tanto, se garantiza la conservación de las poblaciones silvestres que habitan en los ecosistemas vecinos. Por lo anterior este Criterio no aplica al análisis de impacto ambiental.
URB-31	Las áreas destinadas a la conservación de la biodiversidad y/o del agua que colinden con las áreas definidas para los asentamientos humanos, deberán ser los sitios prioritarios para ubicar los ejemplares de plantas y animales que sean rescatados en el proceso de eliminación de la vegetación.
	Para poder iniciar con los trabajos preliminares de construcción del proyecto autorizado mediante bitácora 23QR2018TD152, se realizaron los trabajos para el rescate de la vegetación que se presentaba en las áreas de desplante del proyecto. Las especies que han sido rescatadas de forma prioritaria, han sido aquellas que se encuentran bajo alguna categoría de protección de la NOM-059-SEMARNAT-2010 o ser especies nativas de importancia ecológica. De igual manera se realizó el **Programa de Rescate y Reubicación de Fauna Nativa**, el cual inició el 11 de noviembre de 2019 y se concluyó el 11 de abril de 2020. Una vez concluidos los trabajos de campo, se elaboró el **Reporte Final de Resultados**. El pasado 25 de agosto de 2020, se presentó este **Reporte Final de Resultados** ante la representación de la **PROFEPA** y posteriormente, el día 26 de agosto de 2020, se presentó un ejemplar de este reporte, sellado por la PROFEPA, ante la representación de la **SEMARNAT** en el estado. Para asegurar la supervivencia de los animales rescatados, se seleccionó el Polígono No. 9 del Área de Protección de Flora y Fauna Manglares de Nichupté (un área natural protegida para la protección de flora y fauna) para su reinserción. Con lo anterior, se da cumplimiento al contenido del presente criterio ecológico.
URB-32	Deberá preverse un mínimo de 50% de la superficie de los espacios públicos jardinados para que tengan vegetación natural de la zona y mantener todos los árboles nativos que cuenten con DAP mayores de 15 cm, en buen estado fitosanitario y que no representen riesgo de accidentes para los usuarios.
	Por la naturaleza del presente proyecto, este Criterio no aplica al análisis de impacto ambiental.
URB-33	Deberán establecerse zonas de amortiguamiento de al menos 50 m alrededor de las zonas industriales y centrales de abastos que se desarrollen en las reservas urbanas. Estas zonas de amortiguamiento deberán ser dotados de infraestructura de parque público.
	Por la naturaleza del presente proyecto, este Criterio no aplica al análisis de impacto ambiental.
URB-34	En los programas de rescate de fauna silvestre que deben elaborarse y ejecutarse con motivo de la eliminación de la cobertura vegetal de un predio, se deberá incluir el sitio de reubicación de los ejemplares, aprobado por la autoridad ambiental competente.
	Para la realización del proyecto "Plantas de tratamiento de aguas residuales y ósmosis inversa", no se

CRITERIO	CRITERIOS ECOLÓGICOS DE REGULACIÓN URBANA
	requerirá de un programa de rescate de fauna silvestre debido a que no se requiere del uso de áreas adicionales a las ya autorizadas, por lo cual no se requiere de la eliminación de la cobertura vegetal del predio. Por lo anterior este Criterio no aplica al análisis de impacto ambiental.
URB-35	No se permite introducir o liberar fauna exótica en parques y/o áreas de reservas urbanas.
	Por la naturaleza del presente proyecto, este Criterio no aplica al análisis de impacto ambiental.
URB-36	Las áreas con presencia de ecosistemas de manglar dentro de los centros de población deberán ser consideradas como Áreas de Preservación Ecológica para garantizar el mantenimiento de los bienes y servicios ambientales que proveen por lo que no podrán ser modificadas, con el fin de proporcionar una mejor calidad de vida para los habitantes del municipio; con excepción de aquellas que cuenten previamente con un plan de manejo autorizado por la autoridad ambiental competente
	En el predio que recibirá el proyecto, existen 22 áreas de conservación de manglar, 5 de ellas con una superficie de 6,029.84 m^2, más otras 17 pequeñas áreas con desarrollo incipiente de plantas de mangle, que en conjunto totalizan 1,120.46 m^2 adicionales. Con lo anterior, se da cumplimiento a lo indicado en el presente criterio ecológico.
URB-37	Para minimizar los impactos ambientales y el efecto de borde sobre los ecosistemas adyacentes a los centros urbanos, la ocupación de nuevas reservas territoriales para el desarrollo urbano, solo podrá realizarse cuando se haya ocupado el 85% del territorio de la etapa de desarrollo urbano previa.
	Esta actividad de promoción corresponde a las autoridades de los tres niveles de gobierno, por lo que este criterio no aplica al presente análisis de impacto ambiental.
URB-38	Las áreas verdes de los estacionamientos descubiertos públicos y privados deben ser diseñadas en forma de camellones continuos y deberá colocarse por lo menos un árbol por cada dos cajones de estacionamiento.
	Para el proyecto “Plantas de tratamiento de aguas residuales y ósmosis inversa”, no se requiere de la construcción de estacionamientos.
URB-39	Los predios colindantes con los humedales deberán tener áreas de vegetación, preferentemente nativa, que permitan el tránsito de la vida silvestre hacia otros manchones de vegetación. Los predios colindantes en el Sur del área natural protegida Manglares de Nichupté (ANPLN) deberán mantener su cubierta vegetal para favorecer el tránsito de fauna. Se deberán realizar obras que permitan la comunicación de la fauna entre el ANPLN el área de vegetación nativa con la que colinda en su límite Sur, para tal efecto se deberán realizar las obras necesarias en la carretera que las divide para que la fauna pueda transitar entre ambos terrenos, sin que pueda ser atropellada.
	Por su localización junto al Sistema Lagunar Nichupté, el proyecto colinda con humedales. Por lo anterior, el programa de reforestación y jardinado que se realiza actualmente, incluye las estrategias de reforestación de estas áreas para que se forme entre los humedales y el proyecto, una franja de vegetación de transición que permita la continuidad vegetal para el tránsito de la vida silvestre desde y hacia, la vegetación natural de la laguna Nichupté. Con lo anterior, se da cumplimiento a lo indicado en

CRITERIO	CRITERIOS ECOLÓGICOS DE REGULACIÓN URBANA
	el presente criterio ecológico.
URB-40	En las previsiones de crecimiento de las áreas urbanas colindantes con las ANPs, se deberán mantener corredores biológicos que salvaguarden la conectividad entre los ecosistemas existentes.
	Esta actividad de promoción corresponde a las autoridades de los tres niveles de gobierno, por lo que este criterio no es vinculante con el presente análisis de impacto ambiental.
URB-41	Los proyectos urbanos deberán reforestar camellones y áreas verdes colindantes a las ANPs y parques municipales deberán reforestar con especies nativas que sirvan de refugio y alimentación para la fauna silvestre, destacando el chicozapote (*Manilkara zapota*), la guaya (*Talisia olivaeformis*) capulín (*Muntingia calabura*), *Ficus* ssp, entre otros.
	Para la construcción del proyecto autorizado mediante bitácora 23QR2018TD152, se realizaron los trabajos para el rescate de la vegetación que se presentaba en las áreas de desplante del proyecto, incluyendo aquellas especies nativas que pueden ser utilizadas en la jardinería y reforestación. Las especies que han sido rescatadas de forma prioritaria, han sido aquellas que se encuentran bajo alguna categoría de protección de la NOM-059-SEMARNAT-2010 o ser especies nativas de importancia ecológica. El 20 de septiembre de 2019, la Delegación de la SEMARNAT en el estado de Quintana Roo notificó el oficio número 04/SGA/2060/19, mediante el cual se validó el **Programa de Rescate de Flora Nativa, Jardinado y Reforestación,** con lo cual se dio inicio a los trabajos en el predio, logrando el rescate de toda la vegetación de las áreas autorizadas, con un total de **40,432** ejemplares pertenecientes a 13 especies nativas. Entre las especies rescatadas destacan palma chit (*Thrinax radiata*), lirio de playa (*Hymenocallis caribea*), verdolaga de playa (*Sesuvium portulacastrum*), riñonina (*Ipomoea pes caprae*), siricote de playa (*Cordia sebestena*), uva de mar (*Coccoloba uvifera*), chacah (*Bursera simaruba*), palma de coco (*Cocos nucifera*), rosa laurel (*Nerium oleander*), maguey morado (*Tradescantia spathacea*) y la palma Washingtonia (*Washingtonia robusta*). Todas estas especies nativas están siendo propagadas y se utilizan en las labores de reforestación del proyecto, con lo cual se cumple lo indicado en este criterio ecológico.
URB-42	Los desarrollos turísticos y/o habitacionales deberán garantizar la permanencia del hábitat y las poblaciones de mono araña *Ateles geoffroyi*, mediante la regulación de los horarios de usa del sitio, mantenimiento de la disponibilidad natural de alimento y sitios de pernocta y de reproducción, así como con otras acciones que sean necesarias.
	Debido a que el mono araña vive en hábitats húmedos tropicales con densa cobertura arbórea, con árboles de más de 20 m de altura, requiere de selvas en buen estado de conservación y maduras, ya que vive de los árboles, pues son la mayor parte de su fuente de alimento y de agua. Por lo anterior, no es factible encontrarlo en zonas urbanas que no le ofrezcan un hábitat seguro y abundante. Por estas razones es que esta especie no se registra en el predio en desarrollo por lo que el contenido de este criterio no es aplicable al presente proyecto.
RECURSO PAISAJE	
URB-43	Las áreas verdes y en las áreas urbanas de conservación, deberán contar con el equipamiento adecuado

CRITERIO	CRITERIOS ECOLÓGICOS DE REGULACIÓN URBANA
	para evitar la contaminación por residuos sólidos, ruido, aguas residuales y fecalismo al aire libre.
	Este criterio no aplica al análisis de impacto ambiental, toda vez que no se trata de una zona urbana de conservación.
URB-44	Las autorizaciones municipales para el uso de suelo en los predios colindantes a la zona federal marítimo terrestre y las concesiones de zona federal marítimo terrestre otorgadas por la Federación, deberán ser congruentes con los usos de suelo de la zona que expida el Estado o Municipio.
	El predio donde se propone la instalación del proyecto "Plantas de tratamiento de aguas residuales y ósmosis inversa", es colindante a la zona federal marítimo terrestre lagunar del Sistema Lagunar Nichupté. Conforme a lo establecido en el Programa Municipal de Desarrollo Urbano del Municipio de Benito Juárez, Quintana Roo 2018-2030, el terreno que se desarrollará se encuentra en el Distrito 8, en el cual, de acuerdo al Plano R2.8.08 "Zonificación Secundaria Distrito 8b-c", en el que se incluye el predio en el que se desarrolla el proyecto autorizado mediante bitácora 23QR2018TD152, cuenta con un uso del suelo **TRC3**, correspondiente a Turístico Residencial Condominal. Por lo anterior, el proyecto es congruente con el uso de suelo asignado.
URB-45	Para recuperar el paisaje y compensar la pérdida de vegetación en las zonas urbanas, en las actividades de reforestación designadas por la autoridad competente, se usarán de manera prioritaria especies nativas acordes a cada ambiente.
	La construcción del proyecto autorizado mediante bitácora 23QR2018TD152, que actualmente se está desarrollando, contempla una extensa superficie de áreas verdes que están siendo sujetas a un programa de reforestación y jardinado autorizado por la SEMARNAT, mediante el oficio No. 04/SGA/2060/19, de fecha 20 de septiembre de 2019. En total se está considerando en el proyecto una superficie de 70,200.53 m^2. Entre las especies rescatadas y que se están utilizando en la reforestación, se encuentran las siguientes especies nativas: palma chit (*Thrinax radiata*), lirio de playa (*Hymenocallis caribea*), verdolaga de playa (*Sesuvium portulacastrum*), riñonina (*Ipomoea pes caprae*), siricote de playa (*Cordia sebestena*), uva de mar (*Coccoloba uvifera*), chacah (*Bursera simaruba*), palma de coco (*Cocos nucifera*), maguey morado (*Tradescantia spathacea*). Todas estas especies nativas están siendo propagadas y se utilizan en las labores de reforestación del proyecto, con lo cual se cumple lo indicado en este criterio ecológico.
URB-46	El establecimiento de actividades de la industria concretera y similares debe ubicarse a una distancia mínima de 500 metros del asentamiento humano más próximo y debe contar con barreras naturales perimetrales para evitar la dispersión de polvos.
	Este criterio no aplica al análisis de impacto ambiental.
URB-47	Se establecerán servidumbres de paso y accesos a la zona federal marítimo terrestre y el libre paso por la zona federal a una distancia máxima de 1000 metros entre estos accesos, de conformidad con la Ley de Bienes Nacionales y el Reglamento para el Uso y Aprovechamiento del Mar Territorial, Vías Navegables, Playas, Zona Federal Marítimo Terrestre y Terrenos Ganados al Mar.
	La localización de las servidumbres de paso y accesos a la zona federal marítimo terrestre y el libre paso

CRITERIO	CRITERIOS ECOLÓGICOS DE REGULACIÓN URBANA
	por la zona federal, son atribuciones y responsabilidad de las autoridades de los tres niveles de gobierno, por lo que este criterio no aplica al presente análisis de impacto ambiental.
URB-48	En las áreas de aprovechamiento proyectadas se debe mantener en pie la vegetación arbórea y palmas de la vegetación original que por diseño del proyecto coincidan con las áreas destinadas a camellones, parques, áreas verdes, jardines, áreas de donación o áreas de equipamiento, de tal forma que estos individuos se integren al proyecto.
	Debido a que el desarrollo del proyecto "Plantas de tratamiento de aguas residuales y ósmosis inversa", se realizará sobre superficies ya desmontadas y autorizadas en materia de impacto ambiental, no existe vegetación arbórea original o ecosistemas naturales en las superficies a desarrollar. Esta es la razón por la que este criterio no aplica al presente análisis de impacto ambiental.
URB-49	Los proyectos que pretendan realizarse en predios que colinden con playas aptas para la anidación de tortugas marinas deberán incorporar medidas preventivas que minimicen el impacto negativo a estos animales tanto durante la temporada de arribo y anidación de las hembras como durante el período de desarrollo de los huevos y eclosión de las crías.
	Debido a que el predio a desarrollar no se localiza en la costa marina donde arriban las especies de tortugas marinas a desovar, no se prevén impactos negativos para las tortugas marinas. Por lo anterior este criterio no es aplicable al presente análisis de vinculación.
URB-50	Las especies recomendadas para la reforestación de dunas son: Plantas rastreras: *Ipomea pes-caprae*, *Sesuvium portulacastrum*, herbáceas: *Ageratum littorale*, *Erithalis fruticosa* y arbustos: *Tournefortia gnaphalodes*, *Suriana marítima* y *Coccoloba uvifera* y Palmas *Thrinax radiata*, *Coccothrinax readii*.
	Las obras de construcción para el proyecto, no contemplan la reforestación de duna costera, toda vez que no se localiza en la costa marina.
URB-51	La selección de sitios para la rehabilitación de dunas y la creación infraestructura de retención de arena deberá tomar en cuenta los siguientes criterios: • Que haya evidencia de la existencia de dunas en los últimos 20 años. • Que los vientos prevalecientes soplen en dirección a ala dunas. • Que existan zonas de dunas pioneras (embrionarias) en la playa en la que la arena esté constantemente seca, para que constituya la fuente de aportación para la duna. • Las cercas de retención deberán ser biodegradables, con altura aproximada de 1.2 m y con 50% de porosidad y ubicadas en paralelo a la costa. • Las dunas rehabilitadas deberán ser reforestadas.
	Las obras de construcción para el proyecto "Plantas de tratamiento de aguas residuales y ósmosis inversa", no contemplan la reforestación de duna costera, toda vez que no se localiza en la costa marina.
URB-52	En las playas de anidación de tortugas marinas se deben realizar las siguientes medidas precautorias: • Evitar la remoción de la vegetación nativa y la introducción de especies exóticas en el hábitat

CRITERIO	CRITERIOS ECOLÓGICOS DE REGULACIÓN URBANA
	de anidación. • Favorecer y propiciar la regeneración natural de la comunidad vegetal nativa y el mantenimiento de la dinámica de acumulación de arena del hábitat de anidación. • Retirar de la playa, durante la temporada de anidación, cualquier objeto movible que tenga la capacidad de atrapar, enredar o impedir el paso de las tortugas anidadoras y sus crías. • Eliminar, reorientar o modificar cualquier instalación o equipo que durante la noche genere una emisión o reflexión de luz hacia la playa de anidación o cause resplandor detrás de la vegetación costera, durante la época de anidación y emergencia de crías de tortuga marina. • Orientar los tipos de iluminación que se instalen cerca de las playas de anidación, de tal forma que su flujo luminoso sea dirigido hacia abajo y fuera de la playa, usando alguna de las siguientes medidas para la mitigación del impacto: a) Luminarias direccionales o provistas de mamparas o capuchas. b) Focos de bajo voltaje (40 watts) o lámparas fluorescentes compactas de luminosidad equivalente. c) Fuentes de luz de coloración amarilla o roja, tales como las lámparas de vapor de sodio de baja presión. • Tomar medidas para mantener fuera de la playa de anidación, durante la temporada de anidación, el tránsito vehicular y el de cualquier animal doméstico que pueda perturbar o lastimar a las hembras, nidadas y crías. Sólo pueden circular los vehículos destinados para tareas de monitoreo y los correspondientes para el manejo y protección de las tortugas marinas, sus nidadas y crías.
	Por su localización sobre la margen lagunar, el predio y las obras que en él se proyecta construir, no afectarán a las especies de tortuga marina que desovan sobre el litoral marítimo costero. Por lo anterior este criterio no es aplicable al presente análisis de vinculación.
URB-53	Las obras y actividades que son susceptibles de ser desarrolladas en las dunas costeras deberán evitar la afectación de zonas de anidación y de agregación de especies, en lo particular aquellas que formen parte del hábitat de especies enlistadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010.
	Las obras de construcción que se proponen en el proyecto “Plantas de tratamiento de aguas residuales y ósmosis inversa”, no contemplan obra alguna en la zona litoral arenosa, ni actividad de trabajo en la misma. Por lo anterior este criterio no es aplicable al presente análisis de vinculación.
URB-54	En las dunas no se permite la instalación de tuberías de drenaje pluvial, la extracción de arena, ni ser utilizadas como depósitos de la arena o sedimentos que se extraen de los dragados que se realizan para mantener la profundidad en los canales de puertos, bocas de lagunas o lagunas costeras.
	Las obras que se proponen en el del proyecto “Plantas de tratamiento de aguas residuales y ósmosis inversa”, no contemplan la instalación de tuberías de drenaje pluvial, la extracción de arena, ni ser utilizadas como depósitos de la arena producto de dragados. Por lo anterior este criterio no es aplicable al presente análisis de vinculación.
URB-55	La construcción de infraestructura permanente o temporal debe quedar fuera de las dunas pioneras

CRITERIO	CRITERIOS ECOLÓGICOS DE REGULACIÓN URBANA
	(embrionarias)
	Las obras se proponen en el del proyecto “Plantas de tratamiento de aguas residuales y ósmosis inversa”, no contemplan la construcción de infraestructura permanente o temporal en las dunas pioneras. Por lo anterior este criterio no es aplicable al presente análisis de vinculación.
URB-56	En las dunas primarias podrá haber construcciones de madera o material degradable y piloteadas (p.e. casas tipo palafito o andadores), detrás de la cara posterior del primer cordón y evitando la invasión sobre la corona o cresta de estas dunas. El pilotaje deberá ser superficial (hincado a golpes), no cimentado y deberá permitir el crecimiento de la vegetación, el transporte de sedimentos y el paso de fauna, por lo que se recomienda que tenga al menos un metro de elevación respecto al nivel de la duna. Esta recomendación deberá revisarse en regiones donde hay fuerte incidencia de huracanes, ya que en estas áreas constituyen un sistema importante de protección, por lo que se recomienda, después de su valoración específica, dejar inalterada esta sección del sistema de dunas.
	Las obras se proponen en el del proyecto “Plantas de tratamiento de aguas residuales y ósmosis inversa”, no contemplan la construcción de infraestructura permanente o temporal en las dunas pioneras. Por lo anterior este criterio no es aplicable al presente análisis de vinculación.
URB-57	La restauración de playas deberá realizarse con arena que tenga una composición química y granulometría similar a la de la playa que se va a rellenar. El material arenoso que se empleará en la restauración de playas deberá tener la menor concentración de materia orgánica, arcilla y limo posible para evitar que el material se consolide formando escarpes pronunciados en las playas por efecto del oleaje.
	En las obras que se proponen en el proyecto “Plantas de tratamiento de aguas residuales y ósmosis inversa”, no se contempla la restauración de dunas ni playas arenosas. Por lo anterior, este criterio no aplica al presente análisis de impacto ambiental.
URB-58	Se prohíbe la extracción de arena en predios ubicados sobre la franja litoral del municipio con cobertura de matorral costero.
	Como parte de las obras que se proponen en el proyecto “Plantas de tratamiento de aguas residuales y ósmosis inversa”, no se contempla la extracción de arena. Por lo anterior, este criterio no aplica al presente análisis de impacto ambiental.
URB-59	En las áreas verdes los residuos vegetales producto de las podas y deshierbes deberán incorporarse al suelo después de su composteo. Para mejorar la calidad del suelo y de la vegetación.
	Durante la operación del proyecto de plantas de tratamiento de aguas residuales y ósmosis inversa, se tomará en cuenta el contenido de este criterio para el aprovechamiento de los residuos vegetales producto de las podas y deshierbes.

8 ÁREAS NATURALES PROTEGIDAS

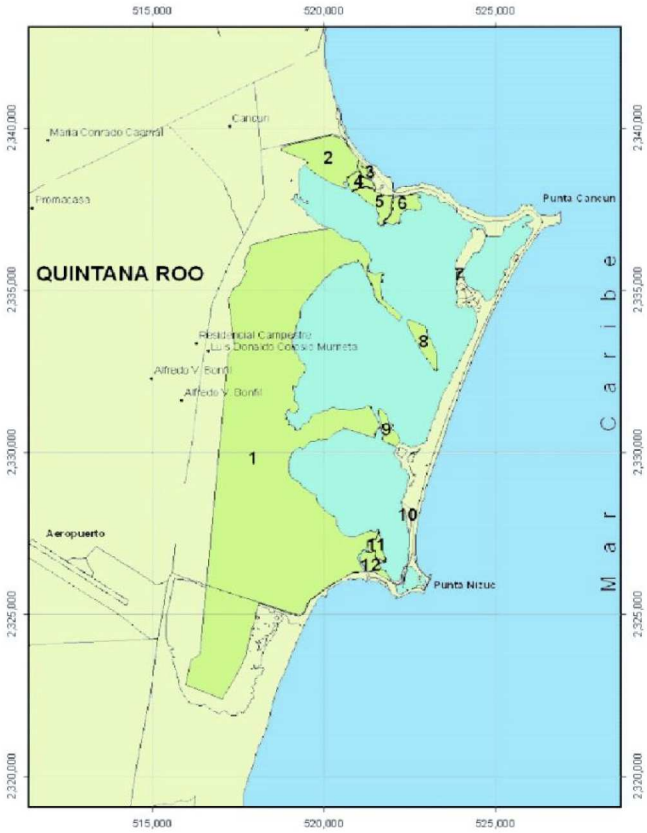
Las áreas naturales protegidas son aquellas zonas del territorio nacional y aquéllas sobre las que la nación ejerce su soberanía y jurisdicción, en donde los ambientes originales no han sido significativamente alterados por la actividad del ser humano o que requieren ser preservadas y restauradas.

Estas áreas naturales representan ecosistemas especiales de Valor Ambiental Relevante, identificados como espacios con características carismáticas, así como de vegetación y fauna originales, los cuales deben preservarse en beneficio de la comunidad.

8.1. ÁREA DE PROTECCIÓN DE FLORA Y FAUNA MANGLARES DE NICHUPTÉ

La porción oriental de la mancha urbana de la ciudad de Cancún es colindante con la zona lacustre adyacente al Sistema Lagunar Nichupté. El 26 de febrero de 2008, se publica en el Diario Oficial de la Federación, el Decreto por el que se declara área natural protegida, con la categoría de "Área de protección de flora y fauna, la región conocida como Manglares de Nichupté, localizada en el Municipio de Benito Juárez, en el Estado de Quintana Roo".

Esta región está clasificada, desde los años setenta, como zona de conservación ecológica, según el plan maestro de desarrollo del Centro Integralmente Planeado de Cancún, a fin de mantener un equilibrio ecológico que permita desarrollar sustentablemente el centro turístico.



Plano de la Comisión Nacional de Áreas Protegidas, del área natural Protegida Manglares de Nichupté (en verde) al oriente de la mancha urbana de Cancún.

Esta nueva área natural protegida, cuenta con una superficie total de 4,257-49-85.40 Hectáreas (cuatro mil doscientas cincuenta y siete hectáreas, cuarenta y nueve áreas, ochenta y cinco punto cuarenta centiáreas), integrada por 12 polígonos.

La actualización del Programa de Ordenamiento Ecológico Local del Municipio de Benito Juárez, que se encuentra vigente, engloba los 12 polígonos que conforman esta Área Natural Protegida en la UGA-24, y establece sus parámetros de acuerdo con lo establecido en su Decreto y/o Programa de Manejo correspondiente.

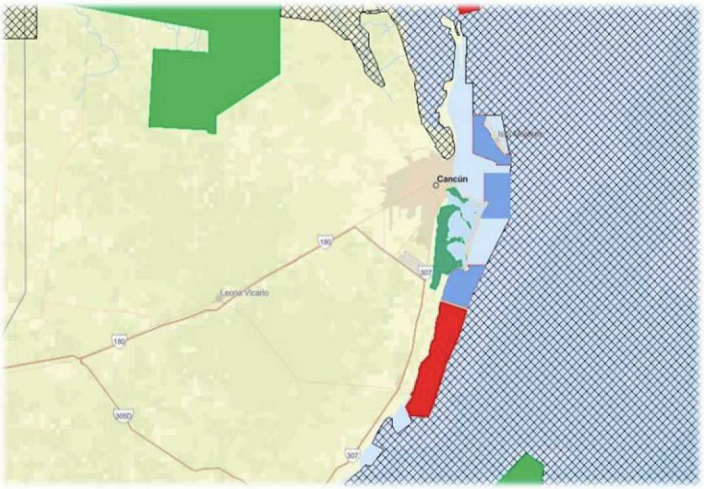
Plano que permite visualizar la disposición espacial del predio del proyecto (color beige), así como de la localización del Polígono No. 9, del área natural Protegida Manglares de Nichupté (en verde obscuro). Como se puede apreciar entre ambas superficies se encuentra un terreno que impide la colindancia entre las dos primeras superficies (superficie en color naranja).

Como se puede apreciar en el plano y la ficha de síntesis informativa del "Área de protección de flora y fauna, de la región conocida como Manglares de Nichupté, localizada en el Municipio de Benito Juárez, en el Estado de Quintana Roo", el predio para el desarrollo del proyecto respeta los polígonos que conforman el área protegida, siendo relevante mencionar, adicionalmente, que **el proyecto no se encuentra ubicado dentro ni en colindancia con la demarcación aplicativa o polígono de aplicación del Decreto de Área Natural Protegida** en comento.

Esto se debe a que entre la superficie del predio y el polígono 9 del área natural Protegida Manglares de Nichupté, se encuentra una superficie que separa ambos polígonos, lo cual impide la colindancia entre el terreno y el ANP.

8.2. Parque Nacional Costa Occidental de Isla Mujeres, Punta Cancún y Punta Nizuc

El día 19 de Julio de 1996, se emitió el decreto mediante el cual se declaró como Área Natural Protegida, con el carácter de **Parque Marino Nacional**, la zona conocida como **Costa Occidental de Isla Mujeres, Punta Cancún y Punta Nizuc**, ubicada frente a las costas de los Municipios de Isla Mujeres y Benito Juárez, Estado de Quintana Roo, con una superficie total de 8,673-06-00 hectáreas.



Los tres polígonos (en azul) que conforman el Parque Marino Nacional Costa Occidental de Isla Mujeres, Punta Cancún y Punta Nizuc, decretado como Área Natural Protegida en 1996.

Aunque el predio del proyecto no colinda con esta Área Natural Protegida, se incluye por la interconexión que ya se analizó, existe entre los Manglares de Nichupté y las áreas marinas circunvecinas, incluyendo ecosistemas de gran relevancia ecológica y económica, como son los arrecifes coralinos

En los inventarios del parque se registran 35 especies de corales escleractinios y 37 de corales blandos; el cuerno de alce (*Acropora palmata*), el de ciervo (*A. cervicornis*), *Plexaura homomalla* y *P. dichotoma* están considerados por la normatividad mexicana bajo protección especial.

Los corales escleractinios, que son los principales formadores de arrecifes, son afectados en diferente grado dependiendo de la forma, tamaño y condición de la colonia, así como los corales cementados en substrato sólido tienden a resistir más el embate de las olas. Por otra parte, las diferentes formas de crecimiento, ramificados y masivos, de las especies de corales, generan heterogeneidad en el substrato, proporcionando refugio a otros organismos que habitan este ecosistema; además, las grandes estructuras que pueden llegar a formar estos corales, proporcionan protección a la línea de costa, minimizando el impacto del oleaje y corrientes que se generan durante tormentas y huracanes, reduciendo así, la erosión de la costa.

De las 33 especies de corales escleractíneos y dos de hidrocorales que se han registrado en el Parque Nacional, cuerno de alce (*Acropora palmata)* y cuerno de ciervo (*Acropora cervicornis*), se encuentran sujetas a

protección especial de conformidad con la Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010 Protección ambiental de las especies nativas de México de flora y fauna silvestres, Categoría de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio-Lista de especies en riesgo. El cuerno de alce (*Acropora palmata*) junto con la especie coral mostaza (*Porites astreoides*) son las especies que han aportado la mayor cobertura en el Parque Nacional.

En el Parque Nacional también se encuentran corales blandos o gorgonáceos, representados por 32 especies; encontrándose sujetas a protección especial *Plexaura homomalla* y *Plexaurella dichotoma*, de acuerdo a la Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010.

De los vertebrados destacan 65 especies de peces, cuatro tortugas marinas, la blanca, la caguama, la tortuga carey y la tortuga laúd, también dos especies de cocodrilo, el de río *Crocodylus acutus* y el de pantano *Crocodylus moreletii* protegidas por la norma mexicana. Se han reportado también 11 especies de delfines y ballenas.

Dentro del Parque Nacional se han identificado al menos 425 diferentes especies de invertebrados marinos, algunos de los cuales destacan por su alto valor comercial, como el caso de la langosta espinosa del Caribe (*Panulirus argus*). Otras, además de su importancia económica, son muy importantes desde el punto de vista ecológico y cultural. Del total de las especies, 61 corresponden a esponjas, 125 a moluscos como el caracol rosado (*Lobatus gigas*), 72 a anélidos, 78 a cnidarios entre las cuales se encuentran las especies del género Acropora, el cual incluye especies consideradas en riesgo dentro de la Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010; además 12 de artrópodos como la langosta antes mencionada, 17 sipuncúlidos, un equiúridos, 51 equinodermos como el erizo negro de púas negras (*Diadema antillarum*) y ocho tunicados.

8.3. Sitios Ramsar

La protección de costas, el control de las inundaciones, la regulación del clima, la filtración de sedimentos y contaminantes, el abastecimiento y purificación de agua y los alimentos que a través de la pesca comercial y de subsistencia se obtienen, son algunos de los bienes y servicios ambientales que brindan los humedales.

Aunque éstos juegan un papel de suma importancia para la conservación y regulación de los ciclos hidrológicos locales, las múltiples presiones y acciones que los degradan, en las actuales condiciones de cambio climático, favorecen la posibilidad de modificaciones abruptas en estos ecosistemas. Esta situación es reflejada en la Evaluación de los Ecosistemas del Milenio de 2005, la cual concluye que "la degradación y desaparición de humedales (tanto continentales como costeros) es más rápida que la experimentada por otros ecosistemas".

Frente a esta panorámica, en 1971 se firmó en la ciudad de Ramsar, Irán, el primer tratado moderno de conservación de los recursos naturales con carácter intergubernamental, dedicado a un tipo de ecosistema en particular: la Convención de Humedales de Importancia Internacional (Convención Ramsar). La clara evolución de los problemas ambientales y los planteamientos para su atención han motivado un cambio en la visión de la propia Convención Ramsar: pasar de atender solo aspectos asociados a la grave disminución de las poblaciones de aves acuáticas migratorias a aspectos de planificación y manejo integrado para la conservación de los humedales, lo que incluye la participación comunitaria y la educación ambiental, mediante la acción nacional y la cooperación internacional.

La Convención Ramsar promueve que los países signatarios o las Partes Contratantes de este instrumento de cooperación internacional cumplan con sus compromisos en materia de conservación y uso racional de los humedales, con base en tres pilares de acción:

- La integración de los humedales en el proceso de desarrollo sustentable.
- La participación de los ciudadanos en la gestión de los humedales y la preservación de los valores culturales por parte de las comunidades locales y los pueblos indígenas.
- El fomento de las actividades de comunicación, educación y concienciación de los ciudadanos con el aumento de la participación del sector privado.

Cada pilar se aborda a través de objetivos y estrategias en el Plan estratégico 2009-2015 de la Convención RAMSAR; entre éstos destaca la estrategia 4.1. Comunicación, educación, concienciación y participación, del objetivo 4. Capacidad y eficacia institucionales.

Entre los sitios RAMSAR que tiene México se encuentra el "Área de Protección de Flora y Fauna Manglares de Nichupté" (municipio de Benito Juárez, estado de Quintana Roo), misma que fue declarada Área Natural Protegida mediante Decreto Federal publicado en el Diario Oficial de la Federación el día 26 de febrero de

2008, con una superficie de 4 mil 257 hectáreas, constituidas principalmente por manglares y otros humedales.

Adicionalmente a lo anterior, el 2 de febrero de 2008 esta misma Área de Protección de Flora y Fauna, fue registrada como sitio RAMSAR, con número de registro 1,777 (por ello, tiene la misma superficie de 4 mil 257 hectáreas que el Área de Protección Manglares de Nichupté). Así, el Área de Protección de Flora y Fauna Manglares de Nichupté es al mismo tiempo sitio RAMSAR, lo cual le otorga al área una doble protección legal, la primera a nivel nacional y la segunda en el ámbito internacional.

En conclusión, las 4 mil 257 hectáreas del Área de Protección de Flora y Fauna Manglares de Nichupté corresponden exactamente al sitio RAMSAR con número de registro 1,777. Por lo anterior, los 12 polígonos que conforman el ANP conforman la misma superficie que está registrada como sitio RAMSAR.

La integralidad de este sitio Ramsar no se ve comprometida por el hotel que se está construyendo, ya que éste no se encuentra ubicado dentro del referido sitio RAMSAR, además de que el proyecto hotelero de relevancia ya fue cuidadosamente evaluado al respecto en materia de impacto ambiental. Por otro lado, la instalación de las plantas desaladoras y de tratamiento de aguas residuales que se pretenden instalar, lejos de constituir una amenaza para estos sensibles ecosistemas, representa una garantía de no contaminación por rebosamientos de aguas negras de la saturada red municipal en la zona.

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

El programa de las *Áreas de Importancia para la Conservación de las Aves (*AICAS) surgió como una idea conjunta de la Sección Mexicana del Consejo Internacional para la preservación de las aves (CIPAMEX) y BirdLife International. Inició con apoyo de la Comisión para la Cooperación Ambiental de Norteamérica (CCA) con el propósito de crear una red regional de áreas importantes para la conservación de las aves.

Para identificar las AICAS en el territorio mexicano, se invitó a especialistas e interesados en la conservación de las aves a un primer taller que se llevó a cabo en Huatulco, Oaxaca del 5 al 9 de junio, de 1996 en donde se reunieron alrededor de 40 especialistas, representantes de universidades y organizaciones no gubernamentales de diferentes regiones en México para proponer de manera regional Áreas de Importancia para la Conservación de las Aves en México. En este Taller se identificaron 170 áreas, mismas que se difundieron, invitando a más personas a participar para conformar 193 áreas nominadas durante 1996-1997.

Estas áreas fueron revisadas por la coordinación del programa AICAS y se constituyó una base de datos. La estructura y forma de la base de datos fueron adecuándose a las necesidades del programa. La información gráfica recabada en el taller que incluía los mapas dibujados por los expertos de todas las áreas que fueron nominadas, se digitalizó y sistematizó en CONABIO incorporándose en su sistema de información geográfica.

En mayo de 1997, durante una reunión del Comité Consultivo, la Coordinación y técnicos de la CONABIO, se revisaron, con el apoyo de mapas de vegetación, topografía e hidrografía, las 193 áreas propuestas, revisando los polígonos, coordenadas y límites.

Durante 1998 el programa entró a una segunda fase en la cual se regionalizó, con el apoyo financiero del Fondo Mexicano para la Conservación de la Naturaleza A.C., (FMCN) formándose 4 coordinaciones regionales (Noreste, Noroeste, Sur y Centro).

En cada región se organizaron dos talleres para revisar las AICAS, anexándose y eliminándose aquellas áreas que de acuerdo a la experiencia de los grupos de expertos así lo ameritaron, concluyendo con un gran total de 230 AICAS, las cuales quedaron clasificadas dentro de alguna de las 20 categorías definidas con base en criterios de la importancia de las áreas en la conservación de las aves.

Las 6 áreas de importancia para la conservación de aves que se presentan en la zona norte del estado: el Corredor Central Vallarta-Punta Laguna; Isla de Cozumel; Isla Contoy; Yum-Balam; Ría Lagartos y Reserva Estatal de Dzilám

Cada área o AICA contiene una descripción técnica que incluye descripción biótica y abiótica, un listado avifaunístico que incluye las especies registradas en la zona, su abundancia (en forma de categorías) y su estacionalidad en el área. Finalmente Contiene un directorio con los especialistas que participaron en el llenado de las fichas correspondientes.

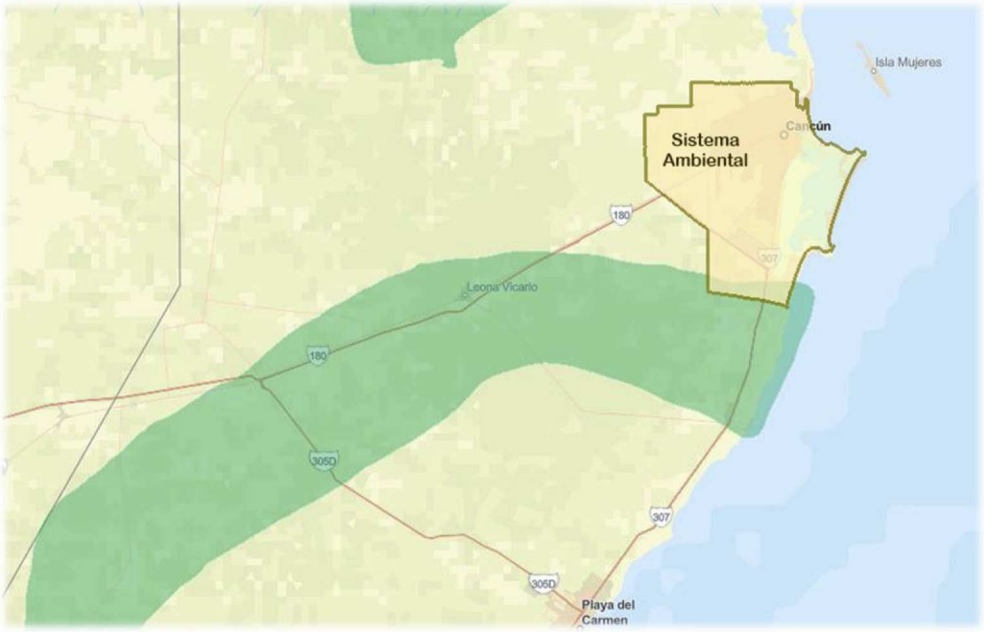
El listado completo incluye un total 230 áreas, que incluyen más de 26,000 registros de 1,038 especies de aves. Adicionalmente, se incluye en al menos un área, al 90.2% de las especies listadas como amenazadas por la ley mexicana (306 de 339 especies) y al 100 % de las especies incluidas en el libro de Collar *et al.* (1994, Birds to Watch 2). De las 95 especies endémicas de México todas están registradas en al menos un área.

Toda la información antes detallada forma parte del primer directorio de áreas de importancia para la conservación de las aves en México que representa la culminación de la primera fase de trabajo del proyecto en México. El libro cubre varios propósitos entre los que se encuentran:

- Ser una herramienta para los sectores de toma de decisiones que ayude a normar criterios de priorización y de asignación de recursos para la conservación.
- Ser una herramienta para los profesionales dedicados al estudio de las aves que permita hacer accesible a todos, datos importantes acerca de la distribución y ecología de las aves en México. Ser una herramienta de difusión que sea utilizada como una guía para fomentar el turismo ecológico tanto a nivel nacional como internacional.
- Ser un documento de renovación periódica que permita fomentar la cooperación entre los ornitólogos y los aficionados a las aves, para lograr que este documento funja siempre como una fuente actualizada de información.
- Fomentar la cultura "ecológica", especialmente en lo referente a las aves, sirviendo como herramienta para la formación de clubes de observadores de aves, y de otros tipos de grupos interesados en el conocimiento y la conservación de estos animales.

En el Sistema Ambiental del proyecto estudiado, se encuentra el Corredor Central Vallarta-Punta Laguna, como zona de importancia para la conservación de aves.

Se trata de una zona de 176,424.844416 Ha, con remanentes de selvas medianas subperennifolias y Ak'alchés (selvas inundables) continuos. Es el área más norteña de ocurrencia de especies incluidas en la NOM-059-SEMARNAT-2010, y CIPAMEX con registros recientes, como *Ciccaba nigrolineata*.



De las AICAS de la zona norte del estado, la única que se encuentra dentro del Sistema Ambiental del proyecto es el Corredor Central Vallarta-Punta Laguna.

Con un total de 254 aves registradas, esta zona funciona como un corredor de enlace entre la Reserva de Sian Ka'an en Quintana Roo y el estado de Yucatán. La porción más occidental de este tipo de vegetación funciona como reserva ejidal reconocida regionalmente y está propuesta para ser incluida en el SINAP. En la zona existen colonias del mono araña (población restringida a Punta Laguna). Actualmente se llevan a cabo estudios de comportamiento en el área.

Debido a la distancia del proyecto, así como a su propia naturaleza, no se anticipa ningún tipo de afectación respecto a la continuidad de las AICAS del norte de Quintana Roo.

9 NORMAS OFICIALES MEXICANAS

La propuesta del proyecto Plantas de tratamiento de aguas residuales y ósmosis inversa del proyecto autorizado mediante bitácora 23QR2018TD152; ha sido cuidadosamente diseñado con respecto a la capacidad de los equipos, así como sus especificaciones técnicas, que garanticen su óptima operación incluyendo el escenario de máxima ocupación, para que siempre se tenga capacidad sobrada para el adecuado servicio a todas las áreas del desarrollo.

Una de las estrategias ha sido cuidar puntualmente el cumplimiento de los criterios ambientales derivados de los instrumentos de planeación existentes como la actualización del Programa de Ordenamiento Ecológico Local del Municipio de Benito Juárez y las Normas Oficiales Mexicanas en materia ambiental, de manera que se han integrado gradualmente al proyecto y verificado sus cumplimientos.

A continuación, se indican las Normas Oficiales Mexicanas en materia ambiental que se relacionan con la naturaleza del proyecto:

9.1. NOM-001-SEMARNAT-1996

Esta Norma establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales, así como en aguas y bienes nacionales. El párrafo de objetivo y campo de aplicación indica que esta norma establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en aguas y bienes nacionales, con el objeto de proteger su calidad y posibilitar sus usos, y es de observancia obligatoria para los responsables de dichas descargas.

Esta norma oficial mexicana no se aplica a las descargas de aguas provenientes de drenajes pluviales independientes.

Las plantas de tratamiento de aguas residuales que se plantea para el proyecto, es un sistema de respaldo moderno de última tecnología. La planta consiste en un sistema que permite la depuración del agua resultante de cocinas, albercas, lavabos, baños y regaderas, con capacidad para generar un efluente que garantice el cumplimiento de la Norma Oficial Mexicana NOM-001-SEMARNAT-96.

NOM-001-SEMARNAT-1996

- Regula el cuerpo receptor y no la actividad que realiza la descarga y establece límites máximos permisibles (LMP) en función de dos elementos: el tipo de cuerpo receptor y el uso posterior que se haga del agua.
- Considera cinco tipos de cuerpo receptor: ríos, embalses naturales y artificiales, aguas costeras, suelo y humedales naturales. De acuerdo con el uso posterior que se le dé al agua, estos cuerpos receptores se clasifican en A, B o C.
- Establece LMP para 8contaminantes básicos, 9metales pesados y cianuros que se miden en términos de concentraciones (mg/l) con excepción de la temperatura, 2 patógenos y para el potencial de hidrógeno (pH) cuyo rango se fija entre 5 y 10 unidades. El nivel de los parámetros varía con el cuerpo receptor y el uso posterior del agua residual.
- Cuando el cuerpo receptor es el suelo para riego agrícola, sólo serán aplicables dos de los parámetros básicos, las grasa y aceites y la materia flotante, que en todos los casos debe estar ausente

En la descripción detallada del proyecto de plantas de tratamiento de aguas residuales, se detallan las características de las aguas tratadas obtenidas por los equipos seleccionados, en la que se demuestra que los equipos responden a los requerimientos de esta NOM mexicana.

9.2. NOM-003-ECOL-1997

La Norma Oficial Mexicana NOM-003-ECOL-1997, establece los límites máximos permisibles de contaminantes para las aguas residuales tratadas que se reúsen en servicios al público. Esta norma establece que los contaminantes básicos son aquellos compuestos o parámetros que pueden ser removidos o estabilizados mediante procesos convencionales. En lo que corresponde a esta Norma Oficial Mexicana sólo se consideran los siguientes: grasas y aceites, materia flotante, demanda bioquímica de oxígeno 5 y sólidos suspendidos totales.

También indica que los contaminantes patógenos y parasitarios, consisten en aquellos microorganismos, quistes y huevos de parásitos que pueden estar presentes en las aguas residuales y que representan un riesgo

a la salud humana, flora o fauna. En lo que corresponde a esta Norma Oficial Mexicana sólo se consideran los coliformes fecales medidos como NMP o UFC/100 ml (número más probable o unidades formadoras de colonias por cada 100 mililitros) y los huevos de helminto medidos como h/l (huevos por litro).

TABLA 1. LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES DE CONTAMINANTES PARA LAS AGUAS RESIDUALES TRATADAS QUE SE REÚSEN DE ACUERDO A *NOM-003-ECOL-1997*

USO DETERMINADO	PARÁMETROS		PROMEDIO MENSUAL		
TIPO DE REÚSO	Coliformes fecales NMP/100 ml	Huevos de helminto h/l	Grasas y aceites mg/l	DBO_5 mg/l	SST mg/l
SERVICIOS AL PUBLICO CON CONTACTO DIRECTO	240	≥1	15	20	20
SERVICIOS AL PUBLICO CON CONTACTO INDIRECTO U OCASIONAL	1,000	≤5	15	30	30

Los equipos propuestos para el proyecto, también cumplen con las normas internacionales en los parámetros básicos con los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en aguas y bienes nacionales, toda vez que las aguas tratadas serán inyectadas a pozos de absorción que llegan al estrato hipersalino de la zona.

Parámetro	Unidad	NOM-003	NOM-001-C	Internacional
DBO_5	Mg/L	20	30	30
DQO	Mg/L		NA	
SST	Mg/L	20	40	30
G y A	Mg/L	15	15	10
NT	Mg/L	NA	15	10
FT	Mg/L	NA	5	2
COLI	NMP/100 ML	240	NA	200
HH	H/L	1	NA	1

Internacional : USA / Francia
NOM: Norma Oficial Mexicana
Mg/L: miligramos por litro

NMP: número más probable
H/L: huevo por litro
NA: no aplica

9.3. NOM-004-SEMARNAT-2002

Así como se ha contemplado el análisis a profundidad de la operación de las plantas de tratamiento de aguas servidas, también se contempla el adecuado manejo y disposición final de los lodos producidos en el tratamiento de aguas residuales, los cuales se generan principalmente en las etapas de tratamiento primario y tratamiento secundario. Los lodos primarios se producen en la sedimentación primaria, en la cual se remueven sólidos sedimentables.

La cantidad depende de la carga superficial o tiempo hidráulico de retención. En la sedimentación primaria con químicos se produce más lodo, producto de una mayor remoción y de la precipitación química de la materia coloidal. Los lodos secundarios se producen en procesos de tratamiento biológicos que convierten residuos o substratos solubles en biomasa como es el caso del proyecto que se propone.

Los lodos secundarios se producen en los reactores biológicos y se sedimentan o separan del agua en los sedimentadores secundarios. Estos sedimentadores tienen en su base una tolva para almacenar y concentrar los lodos sedimentados. La extracción del lodo sedimentado se efectúa por carga hidráulica y por el accionamiento mecánico de las rastras que “barren” el fondo del tanque, empujando los lodos sedimentados a la tolva para su extracción.

En la NOM-004-SEMARNAT-2002, Protección ambiental. - Lodos y biosólidos. - Especificaciones y límites máximos permisibles de contaminantes para su aprovechamiento y disposición final, de fecha de publicación en el DOF: 15/agosto/2003, se especifican los siguientes criterios con los que deberán cumplir los biosólidos para ser aprovechados:

- Los biosólidos deben ser tratados para controlar la atracción de vectores. Se recomiendan varios procesos para lograr esto, como el reducir la masa de sólidos volátiles al menos en un 38% durante su tratamiento.
- Los biosólidos se clasifican en excelentes o buenos de acuerdo al contenido de metales pesados que se indica en la **Tabla 3** y en clase A, B o C de acuerdo a su contenido de patógenos y parásitos, indicado en la **Tabla 4**.
- El aprovechamiento que se les podrá dar a los biosólidos depende de su clasificación, como se indica en la **Tabla 5**.

TABLA 3. LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES PARA METALES PESADOS EN BIOSÓLIDOS DE ACUERDO A NOM-004

CONTAMINANTE (EN FORMA TOTAL)	EXCELENTES, mg/kg BASE SECA	BUENOS, mg/kg BASE SECA
ARSÉNICO	41	75
CADMIO	39	85
CROMO	1,200	3,000
COBRE	1,500	4,300
PLOMO	300	840
MERCURIO	17	57
NÍQUEL	420	420
ZINC	2,800	7,500

TABLA 4. LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES PARA PATÓGENOS Y PARÁSITOS EN BIOSÓLIDOS DE ACUERDO A NOM-004

CLASE	BACTERIAS Coliformes fecales, NMP/g base seca	PATÓGENOS Salmonella spp, NMP/g base seca	PARÁSITOS Huevos de helminto, huevos/g base seca
A	<1,000	<3	<1
B	<1,000	<3	<10
C	<2,000,000	<300	<35

TABLA 5. APROVECHAMIENTO DE BIOSÓLIDOS DE ACUERDO A SU CLASIFICACIÓN DE ACUERDO A NOM-004

TIPO	CLASE	APROVECHAMIENTO
Excelente	A	USOS URBANOS CON CONTACTO PÚBLICO DIRECTO DURANTE SU APLICACIÓN. LOS ESTABLECIDOS PARA CLASE B Y C
Excelente o bueno	B	USOS URBANOS SIN CONTACTO PÚBLICO DIRECTO DURANTE SU APLICACIÓN. LOS ESTABLECIDOS PARA CLASE C
Excelente o bueno	C	USOS FORESTALES. MEJORAMIENTO DE SUELOS. USOS AGRÍCOLAS

Los lodos de desecho son materiales orgánicos, ricos en nutrientes, que resultan del tratamiento de las aguas residuales. Cuando son tratados y procesados, estos residuos pueden reciclarse y aplicarse como fertilizante para mejorar y mantener tierras de cultivo y estimular el crecimiento de las plantas.

Al igual que las aguas residuales, los lodos contienen bacterias, virus, protozoarios, parásitos y otros microorganismos, algunos de ellos son benéficos mientras que otros son patógenos

De acuerdo a su naturaleza, los lodos deben ser tratados antes de disponerse. Al manejarlos, se deben tener ciertas consideraciones debido a su contenido de sólidos. El contenido de sólidos debe ser utilizado en el diseño y dimensionamiento de las bombas, tuberías y equipos utilizados para su manejo y tratamiento.

Antes de poder aprovechar o disponer los lodos, éstos deben ser estabilizados para reducir la atracción de vectores, los olores y los riesgos a la salud. Además, los lodos deben ser desaguados para reducir su volumen.

La estabilización de lodos es un proceso que tiene las ventajas de reducir la masa y volumen de éstos, facilitar el desaguado y reducir los organismos patógenos, olores y atracción de vectores.

Los cuatro métodos más comunes para estabilizar los lodos son:

- Digestión anaerobia
- Digestión aerobia
- Composteo
- Adición de cal

El composteo se usa generalmente en los lodos que serán utilizados como mejoradores o acondicionadores de suelos. Este proceso requiere de mano de obra intensiva y puede generar olores. Además, puede incrementar la masa de biosólidos a disponer y transmitir los patógenos por medio del polvo que genera.

La estabilización alcalina con adición de cal presenta la ventaja de una inversión menos costosa y es más fácil de operar que los otros procesos. Sin embargo, este proceso tiene la gran desventaja de que los biosólidos producidos pueden regresar a su estado inestable si el pH cae después del tratamiento, lo que ocasiona el crecimiento de nuevos microorganismos.

Los equipos para el tratamiento de las aguas residuales del proyecto, están equipadas con componentes que se encargan del manejo de los lodos, su acondicionamiento y estabilización.

Acondicionamiento del lodo. Este componente del equipo consiste en un tanque equipado de difusores de macro-difusión de aire (mezcla tipo airlift) alimentado por un soplador SOP-FP, que recibe el lodo del estabilizador (STAB). Un sensor de nivel SN-A-FP indica cuando está lleno el tanque de acondicionamiento, un sensor SN-B-FP cuando está vacío. Este último sensor apaga el compresor de aire COMP-FP. El lodo se acondiciona con polímero catiónico (Floc Pro +) y se sanitiza con cal viva.

Deshidratado del lodo. Una bomba de desplazamiento positivo o de doble diafragma accionada con aire comprimido (compresor de aire COMP-FP) alimenta filtros prensa hasta alcanzar una presión de trabajo máxima de 90 PSI.

Un sensor de presión (SP-FP) apaga el compresor de aire alcanzado la presión máxima de trabajo. El lixiviado del filtro prensa retorna a inicio de proceso (BOMB-DESAG-FP) mientras se compacta el lodo entre las placas. El lodo compactado (o "cake" en ingles por su apariencia al abrir las placas) se descarga en una charola después de un tiempo de secado de las lonas.

Disposición final del lodo y normativa. El lodo estabilizado y deshidratado se piensa incorporar al programa de producción de composta que se viene realizando en el proyecto, para su mineralización. La norma oficial mexicana a considerar es la NOM-004-SEMARNAT-2002 que define los usos permisibles en base al grado de calidad del lodo.

La calidad de los lodos producidos por el equipo, cumple con el apartado "B" de la clasificación establecida en la NOM OO4 SEMARNAT 2002.

9.4. NOM-127-SSA1-1994

Esta Norma Oficial Mexicana NOM-127-SSA1-1994, fue publicada el 18 de enero de 1996, en el Diario Oficial de la Federación, con una última modificación publicada el 22 de noviembre de 2000, se refiere a Salud ambiental, agua para uso y consumo humano. Límites permisibles de calidad y tratamientos a que debe someterse el agua para su potabilización.

El objetivo y campo de aplicación de esta norma señala que su función es establecer los límites permisibles de calidad y los tratamientos de potabilización del agua para uso y consumo humano, que deben cumplir los sistemas de abastecimiento públicos y privados.

Se indica que será responsabilidad del promovente verificar continuamente que estos parámetros se están cumpliendo y de la Secretaría de Salud, verificar que se esté dando cumplimiento. Por lo anterior, se señala que se realizarán análisis a las aguas tratadas para verificar que se cumpla con los parámetros establecidos en la norma en comento.

Asimismo, se advierte que la especificación 4.3 señala que los límites permisibles de las características químicas del agua para uso y consumo humano, deberán ser de menos de 1,000 mg/l, con lo cual se observa que a través de la planta desaladora se cumpliría dicho parámetro, por mucho, pues se espera una concentración de 400 mg/l (Considerando que 1ppm=1mg/l) en el agua tratada a través del sistema de ósmosis inversa.

TABLA 3. LÍMITES PERMISIBLES DE CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS

CARACTERISTICA	LIMITE PERMISIBLE
ALUMINIO	0,20
ARSÉNICO (NOTA 2)	0,05
BARIO	0,70
CADMIO	0,005
CIANUROS (COMO CN-)	0,07
CLORO RESIDUAL LIBRE	0,2-1,50
CLORUROS (COMO CL-)	250,00
COBRE	2,00
CROMO TOTAL	0,05
DUREZA TOTAL (COMO CACO3)	500,00
FENOLES O COMPUESTOS FENÓLICOS	0,3
FIERRO	0,30
FLUORUROS (COMO F-)	1,50
HIDROCARBUROS AROMÁTICOS EN MICROGRAMOS/L:	

TABLA 3. LÍMITES PERMISIBLES DE CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS	
CARACTERISTICA	LIMITE PERMISIBLE
BENCENO	10,00
ETILBENCENO	300,00
TOLUENO	700,00
XILENO (TRES ISÓMEROS)	500,00
MANGANESO	0,15
MERCURIO	0,001
NITRATOS (COMO N)	10,00
NITRITOS (COMO N)	1,00
NITRÓGENO AMONIACAL (COMO N)	0,50
PH (POTENCIAL DE HIDRÓGENO) EN UNIDADES DE PH	6,5-8,5
PLAGUICIDAS EN MICROGRAMOS/L:	
ALDRÍN Y DIELDRÍN (SEPARADOS O COMBINADOS)	0,03
CLORDANO (TOTAL DE ISÓMEROS)	0,20
DDT (TOTAL DE ISÓMEROS)	1,00
GAMMA-HCH (LINDANO)	2,00
HEXACLOROBENCENO	1,00
HEPTACLORO Y EPÓXIDO DE HEPTACLORO	0,03
METOXICLORO	20,00
2,4 – D	30,00
PLOMO	0,01
SODIO	200,00
SÓLIDOS DISUELTOS TOTALES	1000,00
SULFATOS (COMO SO4=)	400,00
SUSTANCIAS ACTIVAS AL AZUL DE METILENO (SAAM)	0,50
TRIHALOMETANOS TOTALES	0,20
YODO RESIDUAL LIBRE	0,2-0,5
ZINC	5,00

NOTA. El contenido de constituyentes químicos deberá ajustarse a lo establecido en la Tabla 3. Los límites se expresan en mg/l, excepto cuando se indique otra unidad. Los límites permisibles de metales se refieren a su concentración total en el agua, la cual incluye los suspendidos y los disueltos.

9.5. NOM-022-SEMARNAT-2003

De entre todas las normas oficiales mexicanas que tienen incidencia en el proyecto "Plantas de tratamiento de aguas residuales y ósmosis inversa", la Norma Oficial Mexicana 022 tiene una especial relevancia, debido a que se refiere a la preservación, conservación, aprovechamiento sustentable y restauración de los humedales costeros en zonas de manglar.

Esta norma, publicada en el Diario Oficial de la Federación el 10 de abril de 2003, fue modificada el 7 de mayo de 2004, e indica que cualquier actividad productiva deberá considerar a cabalidad en los Estudios de Impacto Ambiental, los servicios y funciones que los humedales costeros prestan en su entorno inmediato, así como en los ordenamientos ecológicos, con el propósito de dimensionar los efectos negativos de alteraciones cercanas o a distancia por las actividades humanas y eventos naturales.

En este contexto, la verificación de las especificaciones de esta norma en todas las etapas del proyecto, incluyendo su operación, garantiza que en los ecosistemas lacustres adyacentes no se presenten alteraciones que se pudieran traducir en impactos ambientales en los mismos.

Con estos antecedentes normativos de protección al manglar, y considerando que el proyecto que se analiza se desplantará en una superficie próxima al manglar que bordea la laguna Nichupté, en el presente apartado se analiza el proyecto, considerando en ello que la superficie a desarrollar y que recibirá el proyecto autorizado mediante bitácora 23QR2018TD152, ya ha sido autorizada en materia de impacto ambiental, y que ninguna de sus obras se desplantará sobre manglar.

Si bien existe zonas con manglar cercanas a las áreas donde se realizarán las obras y actividades sometidas a evaluación, estas no serán afectadas por el proyecto, ya que el proyecto para la instalación de las plantas de ósmosis inversa y plantas de tratamiento de aguas residuales, se han sembrado dentro de las áreas que previamente fueron autorizadas para su desmonte y chapeo, mediante oficio resolutivo 04/SGA/1430/19 03096 de fecha 19 de junio de 2019.

Por otro lado, todos estos sistemas estarán confinados en construcciones con obra civil, de tal manera que, al no encontrarse a la intemperie, se reducen significativamente las posibilidades de que su construcción u operación pudieran tener algún efecto no deseado en los ecosistemas que rodean al predio del proyecto.

9.5.1. Análisis de Vinculación con el proyecto

Esta norma oficial contiene varias especificaciones que deben cumplirse en estricto sentido, de manera que los humedales se mantengan como ecosistemas integrales tanto en su estructura como en su funcionamiento. Para lograr lo anterior se deben cumplir los siguientes aspectos de estos ecosistemas, tal y como se indican en el apartado 4.0 "Especificaciones", de esta norma:

El manglar deberá preservarse como comunidad vegetal. En la evaluación de las solicitudes en materia de cambio de uso de suelo, autorización de aprovechamiento de la vida silvestre e impacto ambiental se deberá garantizar en todos los casos la integralidad del mismo, para ello se contemplarán los siguientes puntos:

- La integridad del flujo hidrológico del humedal costero;
- La integridad del ecosistema y su zona de influencia en la plataforma continental;
- Su productividad natural;
- La capacidad de carga natural del ecosistema para turistas;
- Integridad de las zonas de anidación, reproducción, refugio, alimentación y alevinaje;
- La integridad de las interacciones funcionales entre los humedales costeros, los ríos (de superficie y subterráneos), la duna, la zona marina adyacente y los corales;
- Cambio de las características ecológicas;
- Servicios ecológicos;
- Ecológicos y eco fisiológicos (estructurales del ecosistema como el agotamiento de los procesos primarios, estrés fisiológico, toxicidad, altos índices de migración y mortalidad, así como la reducción de las poblaciones principalmente de aquellas especies en status, entre otros).

Todos estos aspectos de los ecosistemas de humedales ya fueron descritos y vinculados en el apartado III-4 donde se vincula el proyecto con "La Ley General de Vida Silvestre". Recapitulando, se puede afirmar que el proyecto no interfiere o afecta de alguna manera la integralidad ecológica de estos ecosistemas vecinos al terreno del proyecto, por lo cual, la continuidad de sus características y servicios ecológicos están garantizados. A continuación, se presenta la vinculación del proyecto con todas y cada una de las especificaciones contenidas en esta norma:

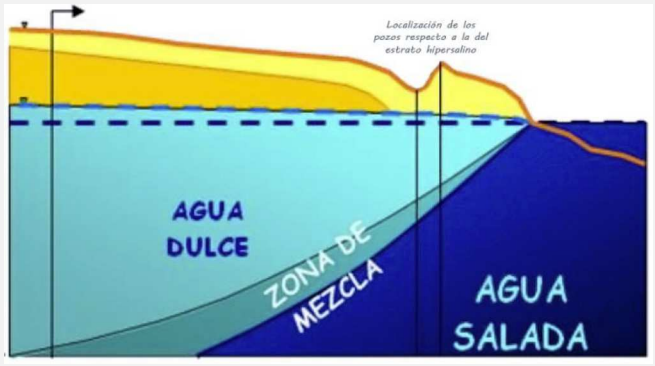
NOM-022-SEMARNAT-2003, ASÍ COMO CON EL ACUERDO MEDIANTE EL CUAL ADICIONA LA ESPECIFICACIÓN 4.43, PUBLICADO EN EL DIARIO OFICIAL DE LA FEDERACIÓN EL 7 DE MAYO DE 2004	
NUMERAL	**VINCULACIÓN DEL PROYECTO CON CADA NUMERAL**
4.1	Toda obra de canalización, interrupción de flujo o desvío de agua que ponga en riesgo la dinámica e integridad ecológica de los humedales costeros, quedará prohibida, excepto en los casos en los que las obras descritas sean diseñadas para restaurar la circulación y así promover la regeneración del humedal costero.
	El proyecto "*Plantas de tratamiento de aguas residuales y ósmosis inversa*" no tiene contemplada ninguna obra o canalización superficial, ya que su instalación será en áreas confinadas dentro de las obras del hotel ya autorizadas. Por lo anterior, la instalación de esta infraestructura hidráulica no representa una barrera u obstáculo que interrumpa el flujo o desvíe los escurrimientos superficiales naturales del agua, que pudieran poner en riesgo la dinámica e integridad ecológica de los humedales costeros de la zona. Así, el proyecto cumple con esta primera especificación, toda vez que su instalación no interrumpe la integridad del drenaje superficial de los humedales vecinos.
4.2	Construcción de canales que, en su caso, deberán asegurar la reposición del mangle afectado y programas de monitoreo para asegurar el éxito de la restauración.
	En proyecto "*Plantas de tratamiento de aguas residuales y ósmosis inversa*" no requiere a lo largo de su construcción y operación, de la construcción de canales, por lo que este criterio no es vinculante con el proyecto analizado.
4.3	Los promoventes de un proyecto que requieran de la existencia de canales, deberán hacer una prospección con la intención de detectar los canales ya existentes que puedan ser aprovechados a fin de evitar la fragmentación del ecosistema, intrusión salina, asolvamiento y modificación del balance hidrológico.
	El proyecto "*Plantas de tratamiento de aguas residuales y ósmosis inversa*" que se analiza, no requiere de llevar a cabo afectaciones a la vegetación de mangle ni de la construcción de canales, por lo que este criterio no es vinculante con el proyecto analizado.
4.4	El establecimiento de infraestructura marina fija (diques, rompeolas, muelles, marinas y bordos) o cualquier otra obra que gane terreno a la unidad hidrológica en zonas de manglar queda prohibida excepto cuando tenga por objeto el mantenimiento o restauración de ésta.
	El proyecto "*Plantas de tratamiento de aguas residuales y ósmosis inversa*" que se analiza, no contempla el establecimiento de infraestructura marina fija como parte de su infraestructura. Por lo anterior se concluye que el proyecto presentado no violenta el contenido del presente numeral.
4.5	Cualquier bordo colindante con el manglar deberá evitar bloquear el flujo natural del agua hacia el humedal costero.

NOM-022-SEMARNAT-2003, ASÍ COMO CON EL ACUERDO MEDIANTE EL CUAL ADICIONA LA ESPECIFICACIÓN 4.43, PUBLICADO EN EL DIARIO OFICIAL DE LA FEDERACIÓN EL 7 DE MAYO DE 2004

NUMERAL	VINCULACIÓN DEL PROYECTO CON CADA NUMERAL
	La construcción y operación del proyecto en evaluación "*Plantas de tratamiento de aguas residuales y ósmosis inversa*", no requiere de la construcción de bordos o estructuras similares que pudieran representar un bloqueo o modificación del flujo natural del agua hacia el humedal lagunar, por lo que este criterio no es vinculante con el proyecto analizado.
4.6	Se debe evitar la degradación de los humedales costeros por contaminación y asolvamiento.
	Por principio, el proyecto "*Plantas de tratamiento de aguas residuales y ósmosis inversa*" no incluye obras o parte de su infraestructura que pudiera generar problemas de asolvamiento en las áreas cercanas, debido a que no se realizarán rellenos de áreas naturales, ni se afectarán los drenajes superficiales que pudieran arrastrar sedimentos que provoquen asolvamiento. Por otro lado, ni durante las obras ni en la operación se contempla el manejo o uso de materiales o substancias que pudieran introducirse y provocar algún tipo de contaminación del medio natural. Durante la instalación de los equipos, se implementarán las medidas suficientes para el manejo de residuos sólidos y líquidos y así prevenir eventos de contaminación y que los residuos se dispersen hacia la laguna. Durante la operación de los equipos, se realizará un adecuado manejo y almacenamiento de las sustancias peligrosas, con lo cual se evita la posibilidad de derrames accidentales de estas sustancias al suelo y agua Por lo anterior, la construcción y operación del proyecto analizado no incluye procesos contaminantes o erosivos que puedan causar asolvamiento o alteración de la química natural de humedal que bordea el predio a desarrollar.
4.7	La persona física o moral que utilice o vierta agua proveniente de la cuenca que alimenta a los humedales costeros, deberá restituirla al cuerpo de agua y asegurarse de que el volumen, pH, salinidad, oxígeno disuelto, temperatura y la calidad del agua que llega al humedal costero garanticen la viabilidad del mismo.
	Por su propia naturaleza, la instalación de equipos y la operación del proyecto no vierte ni utiliza aguas provenientes de la cuenca que alimenta a los humedales costeros circunvecinos a las instalaciones, por lo que este criterio no resulta vinculante con este proyecto. Por otro lado, el uso de las aguas subterráneas mediante la extracción por pozos a 40 m de profundidad, se limita a la extracción del estrato hipersalino, mismo que se encuentra a una profundidad que ya queda fuera del alcance de las raíces de los manglares de la zona. Tomando en consideración que el Sistema Lagunar Nichupté es una cuenca de aguas someras, en el que desembocan ríos subterráneos de agua dulce que discurren desde tierra adentro hacia la costa y que tiene una comunicación permanente con las aguas marinas, el equilibrio salobre de sus aguas es estable. Estas aguas son las que alimentan las áreas inundables donde se desarrollan los humedales, con las cuales no interfiere el proyecto analizado. Por último, los pozos de absorción y de rechazo que requiere el proyecto, alcanzarán profundidades aún mayores, por arriba de los 80 m, muy lejos de la lente de agua dulce que se presenta en los primeros 3 m de profundidad. Por todo lo anterior, las aguas que alimentan la cuenca lagunar y sus manglares no resultaran afectadas o limitadas de forma alguna por las plantas de tratamiento sometidas a evaluación.

NOM-022-SEMARNAT-2003, ASÍ COMO CON EL ACUERDO MEDIANTE EL CUAL ADICIONA LA ESPECIFICACIÓN 4.43, PUBLICADO EN EL DIARIO OFICIAL DE LA FEDERACIÓN EL 7 DE MAYO DE 2004	
NUMERAL	**VINCULACIÓN DEL PROYECTO CON CADA NUMERAL**
4.8	Se deberá prevenir que el vertimiento de agua que contenga contaminantes orgánicos y químicos, sedimentos, carbón, metales pesados, solventes, grasas, aceites combustibles o modifiquen la temperatura del cuerpo de agua; alteren el equilibrio ecológico, dañen el ecosistema o a sus componentes vivos. Las descargas provenientes de granjas acuícolas, centros pecuarios, industrias, centros urbanos, desarrollos turísticos y otras actividades productivas que se vierten a los humedales costeros deberán ser tratadas y cumplir cabalmente con las normas establecidas según el caso.
	Como ya se ha dejado constancia en apartados anteriores, la construcción y operación del proyecto "*Plantas de tratamiento de aguas residuales y ósmosis inversa*", no incluye actividades en la zona del proyecto que incluya el vertimiento de aguas cargadas con contaminantes orgánicos y químicos, sedimentos, carbón, metales pesados, solventes, grasas, aceites combustibles. De hecho, el proyecto consiste en el tratamiento de aguas servidas para cumplir cabalmente con las normas establecidas. Por lo anterior, no se anticipan vertimientos de ningún tipo hacia las aguas lagunares o los humedales, dando cumplimiento a esta especificación de la norma.
4.9	El permiso de vertimiento de aguas residuales a la unidad hidrológica debe ser solicitado directamente a la autoridad competente, quien le fijará las condiciones de calidad de la descarga y el monitoreo que deberá realizar.
	Como se menciona en el apartado anterior, el proyecto no realiza como parte de sus actividades de construcción y operación, ningún vertido a la unidad hidrológica en que se inserta. De hecho, el proyecto sometido a evaluación consiste en el tratamiento de las aguas residuales que produzca el desarrollo. El efluente obtenido de las plantas propuestas, cumplirá con la normatividad requerida por las autoridades en México y puede emplearse para el riego de áreas verdes. Lo mismo será aplicable a las plantas potabilizadoras por ósmosis inversa, cuyos pozos de aprovechamiento y de rechazo ya diseñados y descritos en este documento, deberán ser aprobados y calificados técnicamente por la CONAGUA antes de realizar su perforación.
4.10	La extracción de agua subterránea por bombeo en áreas colindantes a un manglar debe de garantizar el balance hidrológico en el cuerpo de agua y la vegetación, evitando la intrusión de la cuña salina en el acuífero.
	Cuando se sometió a evaluación el proyecto autorizado mediante bitácora 23QR2018TD152 en 2018, se realizó un Estudio Geohidrológico en el predio del proyecto, con lo cual se documentó que el desarrollo no afectaría los flujos subterráneos ni los escurrimientos superficiales. En este estudio se encontró que las rocas calcáreas del área están afectadas por un gran desarrollo cárstico, que indica la existencia de una alta permeabilidad y, debido a la precipitación pluvial, la estratigrafía y la morfología, son capaces de conformar acuíferos de tipo libre de gran capacidad. Entre las conclusiones de este estudio, se destaca que el agua subterránea de "buena calidad" en esta unidad acuífera se presenta como un delgado estrato de 3 metros de agua dulce flotando por densidad sobre un cuerpo regional de agua salina de composición cercana a la de mar, es decir, que a partir de los tres metros de profundidad.

NOM-022-SEMARNAT-2003, ASÍ COMO CON EL ACUERDO MEDIANTE EL CUAL ADICIONA LA ESPECIFICACIÓN 4.43, PUBLICADO EN EL DIARIO OFICIAL DE LA FEDERACIÓN EL 7 DE MAYO DE 2004

NUMERAL	VINCULACIÓN DEL PROYECTO CON CADA NUMERAL
	Por otro lado, para estar en condiciones de diseñar las especificaciones técnicas idóneas de los equipos de ósmosis inversa a instalar, además de los cálculos de los requerimientos de agua para todo el desarrollo, se realizaron estudios estáticos y dinámicos del acuífero de la zona, mediante el análisis de muestras de agua extraídas a través de un pozo exploratorio que se practicó en el predio en el mes de febrero de 2021 (Se anexan los estudios realizados). Los resultados analíticos de las muestras extraídas a diferentes profundidades, permitieron establecer la profundidad de los pozos de aprovechamiento a 30-40 m, debido a que a esa profundidad se encuentran concentraciones de solidos totales por arriba de las 30 mil partes por mil, es decir aguas hipersalinas, con la ventaja que también a esa profundidad no se registra la presencia de ácido sulfhídrico (H_2S), a diferencia de las muestras de profundidades menores en las cuales si se ve algo de presencia de este gas. Por lo tanto, para este proyecto, se pretende utilizar agua subterránea salobre para que esta pueda ser tratada mediante el sistema de osmosis inversa para ser utilizada en cada habitación del desarrollo, así como en los diversos servicios requeridos para la adecuada operación del hotel.  Con base en lo anterior, el aprovechamiento será de aguas salobres profundas sin aprovechar la lente superficial de agua dulce, con lo cual se garantiza que el bombeo de aguas subterráneas favorece en mantenimiento del balance hidrológico en el cuerpo de agua y la vegetación cercanos, evitando la intrusión de la cuña salina en el acuífero.
4.11	Se debe evitar la introducción de ejemplares o poblaciones que se puedan tornar perjudiciales, en aquellos casos en donde existan evidencias de que algunas especies estén provocando un daño inminente a los humedales costeros en zona de manglar, la Secretaría evaluará el daño ambiental y dictará las medidas de control correspondientes.
	La propuesta de proyecto a evaluar, debido a su naturaleza y operación, no contempla la introducción de ningún tipo de organismo vivo ajeno a la composición natural de los ecosistemas lagunar y de manglar de la zona.
4.12	Se deberá considerar en los estudios de impacto ambiental, así como en los ordenamientos ecológicos el balance entre el aporte hídrico proveniente de la cuenca continental y el de las mareas, mismas que determinan la mezcla de aguas dulce y salada recreando las condiciones estuarinas, determinantes en los humedales costeros y las comunidades vegetales que soportan.

NOM-022-SEMARNAT-2003, ASÍ COMO CON EL ACUERDO MEDIANTE EL CUAL ADICIONA LA ESPECIFICACIÓN 4.43, PUBLICADO EN EL DIARIO OFICIAL DE LA FEDERACIÓN EL 7 DE MAYO DE 2004

NUMERAL	VINCULACIÓN DEL PROYECTO CON CADA NUMERAL

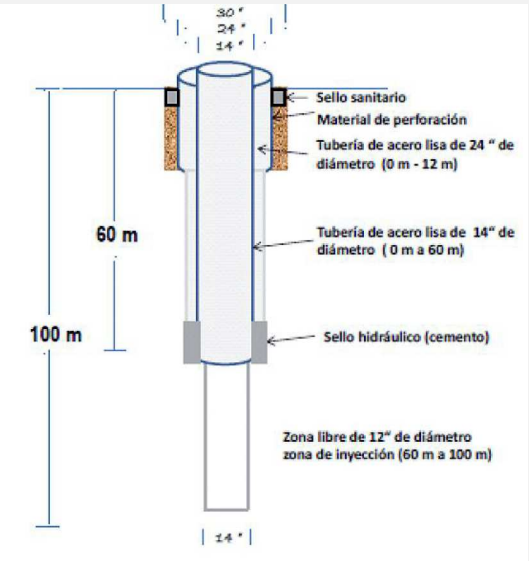
El proyecto de plantas de tratamiento de aguas residuales y ósmosis inversa, por su propia naturaleza, durante ninguna de sus etapas de desarrollo y operación, puede producir elementos o incluir actividades que pudieran afectar el aporte hídrico proveniente de la cuenca continental, que resultaran en afectaciones de las condiciones estuarinas de los ecosistemas costeros (laguna Nichupté) o el de las comunidades de flora o fauna que los habitan.

Por otro lado, respecto al acuífero de la zona, una de las conclusiones del estudio geohidrológico realizado en el predio, indica lo siguiente:

"*El modelo conceptual del Predio, muestra que el agua subterránea está conformada por un acuífero de alta permeabilidad con muy poca agua dulce producto del agua meteórica atrapada en la duna de arena y el acuitardo de calcarenitas.*

Este acuitardo tiene gran permeabilidad (7 a 67 m/d) y ***es adecuado para explotarse para abastecimiento, ya que muestra tener una disponibilidad muy alta*** *a razón de 3,130 m^3/d. Se tiene un acuífero profundo de agua salada ubicado en calizas arrecifales de buena permeabilidad, pero con un espesor muy pequeño de apenas 5 m; sobreyaciendo a un espesor de dolomitas de baja permeabilidad y alto grado de cristalización"*.

Este estudio también indica que: "***El agua subterránea del predio muestra estar completamente influenciada por el agua marina*** *y* ***el acuífero colgado es una mezcla de agua meteórica y agua salada; mientras que el acuífero profundo es agua salada en su totalidad***".



Por lo anterior, se concluye que no se utilizará la lente de agua dulce ni aguas superficiales que pudieran afectar las actuales características fisicoquímicas de las aguas superficiales o subterráneas, por lo que las características salobres que alimentan los manglares no resulta alterada. Como queda claro, para la operación de este proyecto se usará exclusivamente la lente de agua hipersalina que se encuentra a mayor profundidad.

NOM-022-SEMARNAT-2003, ASÍ COMO CON EL ACUERDO MEDIANTE EL CUAL ADICIONA LA ESPECIFICACIÓN 4.43, PUBLICADO EN EL DIARIO OFICIAL DE LA FEDERACIÓN EL 7 DE MAYO DE 2004

NUMERAL	VINCULACIÓN DEL PROYECTO CON CADA NUMERAL
	Por último, con respecto a los pozos de absorción y los de rechazo de las salmueras producidas por las plantas de ósmosis inversa, tampoco representan un impacto potencial al acuífero de la zona. Tal como lo concluye el estudio de hidrología subterránea del predio: "*…La presencia de agua con esta salinidad se manifiesta como una* ***opción favorable para la inyección profunda del agua de rechazo****. Por lo anterior y tomando un criterio precautorio se propone el diseño de los pozos para rechazo de agua de la planta ósmosis a una profundidad total de 100 m aislando los primeros 60 m para evitar cualquier contacto y/o contaminación del manto de agua dulce y/o salobre con la cámara de absorción entre los 60 m y 100 m.* Por lo anterior, el proyecto resulta viable desde el punto de vista del contenido de este numeral.
4.13	En caso de que sea necesario trazar una vía de comunicación en tramos cortos de un humedal o sobre un humedal, se deberá garantizar que la vía de comunicación es trazada sobre pilotes que permitirán el libre flujo hidráulico dentro del ecosistema, así como garantizar el libre paso de la fauna silvestre. Durante el proceso constructivo se utilizarán métodos de construcción en fase (por sobre posición continua de la obra) que no dañen el suelo del humedal, no generen depósito de material de construcción ni genere residuos sólidos en el área.
	La construcción y operación proyecto "*Plantas de tratamiento de aguas residuales y ósmosis inversa*", no contempla el trazo o construcción de vías de comunicación que afecte el drenaje natural del humedal, o que se pueda constituir en un obstáculo para el libre paso de la fauna silvestre en la zona. Por lo anterior, este apartado no es vinculante con el proyecto analizado.
4.14	La construcción de vías de comunicación aledañas, colindantes o paralelas al flujo del humedal costero, deberá incluir drenes y alcantarillas que permitan el libre flujo del agua y de luz. Se deberá dejar una franja de protección de 100 m (cien metros) como mínimo la cual se medirá a partir del límite del derecho de vía al límite de la comunidad vegetal, y los taludes recubiertos con vegetación nativa que garanticen su estabilidad.
	La construcción y operación del proyecto "*Plantas de tratamiento de aguas residuales y ósmosis inversa*", no contempla el trazo o construcción de vías de comunicación aledañas, colindantes o paralelas al flujo del humedal de la zona. Por lo anterior, este apartado no es vinculante con el proyecto analizado.
4.15	Cualquier servicio que utilice postes, ductos, torres y líneas, deberá ser dispuesto sobre el derecho de vía. En caso de no existir alguna vía de comunicación se deberá buscar en lo posible bordear la comunidad de manglar, o en el caso de cruzar el manglar procurar el menor impacto posible.
	En la zona donde se propone la construcción y operación proyecto "*Plantas de tratamiento de aguas residuales y ósmosis inversa*", ya existen todos los servicios urbanos que requieren postes, ductos, torres y líneas, mismos que se encuentran dispuestos sobre la berma de servicios del Boulevard Kukulcán. Toda vez que no se requiere de la introducción de nuevos servicios, este apartado no aplica al proyecto

NOM-022-SEMARNAT-2003, ASÍ COMO CON EL ACUERDO MEDIANTE EL CUAL ADICIONA LA ESPECIFICACIÓN 4.43, PUBLICADO EN EL DIARIO OFICIAL DE LA FEDERACIÓN EL 7 DE MAYO DE 2004

NUMERAL	VINCULACIÓN DEL PROYECTO CON CADA NUMERAL
	analizado.
4.16	Las actividades productivas como la agropecuaria, acuícola intensiva o semi intensiva, infraestructura urbana, o alguna otra que sea aledaña o colindante con la vegetación de un humedal costero, deberán dejar una distancia mínima de 100 m respecto al límite de la vegetación, en la cual no se permitirá actividades productivas o de apoyo.
	Debido a que el predio donde se propone la construcción y operación del proyecto "*Plantas de tratamiento de aguas residuales y ósmosis inversa*", colinda con la vegetación de un manglar de borde, cayendo en el supuesto de encontrarse a menos de 100 m de vegetación de humedal, se propone exceptuar esta restricción mediante medidas de compensación en términos de la especificación 4.43, (mismas que se indican en el apartado respectivo de dicho numeral).
4.17	La obtención del material para construcción, se deberá realizar de los bancos de préstamo señalados por la autoridad competente, los cuales estarán ubicados fuera del área que ocupan los manglares y en sitios que no tengan influencia sobre la dinámica ecológica de los ecosistemas que los contienen.
	La construcción y operación del proyecto "*Plantas de tratamiento de aguas residuales y ósmosis inversa*", se ha planteado como un proyecto que cumpla con todas las normas, reglamentos y leyes de los tres órdenes de gobierno, por lo cual para la realización de los trabajos de construcción de la obra civil para la instalación de los equipos, se utilizarán materiales de construcción obtenidos a partir de negocios que cuentan con sus permisos y autorizaciones correspondientes de acuerdo a la ley.
4.18	Queda prohibido el relleno, desmonte, quema y desecación de vegetación de humedal costero, para ser transformado en potreros, rellenos sanitarios, asentamientos humanos, bordos, o cualquier otra obra que implique pérdida de vegetación, que no haya sido autorizada por medio de un cambio de utilización de terrenos forestales y especificada en el informe preventivo o, en su caso, el estudio de impacto ambiental.
	Toda vez que la construcción y operación del proyecto "*Plantas de tratamiento de aguas residuales y ósmosis inversa*", no requiere del relleno, desmonte, quema y desecación de vegetación de humedal costero, o cualquier otra obra que implique pérdida de vegetación, este apartado no aplica al proyecto analizado.
4.19	Queda prohibida la ubicación de zonas de tiro o disposición del material de dragado dentro del manglar, y en sitios en la unidad hidrológica donde haya el riesgo de obstrucción de los flujos hidrológicos de escurrimiento y mareas.
	Toda vez que la construcción y operación del proyecto "*Plantas de tratamiento de aguas residuales y ósmosis inversa*", no requiere de dragados o de cualquiera otra actividad que genere materiales de desecho, no se contempla ninguna disposición de materiales de dragado dentro del manglar, por lo anterior, este apartado no resulta vinculante con el proyecto analizado.
4.20	Queda prohibida la disposición de residuos sólidos en humedales costeros.

NOM-022-SEMARNAT-2003, ASÍ COMO CON EL ACUERDO MEDIANTE EL CUAL ADICIONA LA ESPECIFICACIÓN 4.43, PUBLICADO EN EL DIARIO OFICIAL DE LA FEDERACIÓN EL 7 DE MAYO DE 2004

NUMERAL	VINCULACIÓN DEL PROYECTO CON CADA NUMERAL
	La construcción y operación del proyecto "*Plantas de tratamiento de aguas residuales y ósmosis inversa*", se integrará al proyecto del hotel en construcción, en el que ya se cuenta con un eficiente programa de manejo de los residuos sólidos que se producen en las obras. Este sistema para la recolección, acopio temporal y disposición final de los desechos sólidos evita su dispersión y la generación de plagas peligrosas, así como la contaminación de las áreas públicas y de conservación. En todas las áreas de trabajo se cuenta con contenedores de basura, diseñados para que la gente pueda depositar su basura en diferentes compartimentos de acuerdo al tipo de basura de que se trate, gracias a que los depósitos cuentan con tres opciones, una por cada lado, para depositar papel, plásticos y aluminio, así como materias de origen orgánico. La basura de los contenedores es retirada diariamente, de manera que se evite su acumulación.
4.21	Queda prohibida la instalación de granjas camaronícolas industriales intensivas o semi intensivas en zonas de manglar y lagunas costeras, y queda limitado a zonas de marismas y a terrenos más elevados sin vegetación primaria en los que la superficie del proyecto no exceda el equivalente de 10% de la superficie de la laguna costera receptora de sus efluentes en lo que se determina la capacidad de carga de la unidad hidrológica. Esta medida responde a la afectación que tienen las aguas residuales de las granjas camaronícolas en la calidad del agua, así como su tiempo de residencia en el humedal costero y el ecosistema.
	Toda vez que el presente análisis se refiere a la construcción y operación del proyecto "*Plantas de tratamiento de aguas residuales y ósmosis inversa*", un proyecto hidráulico, que por su naturaleza no corresponde a la instalación de granjas camaronícolas, este apartado no resulta vinculante con el proyecto analizado.
4.22	No se permite la construcción de infraestructura acuícola en áreas cubiertas de vegetación de manglar, a excepción de canales de toma y descarga, los cuales deberán contar previamente con autorización en materia de impacto ambiental y de cambio de utilización de terrenos forestales.
	Toda vez que el presente análisis se refiere a la construcción y operación del proyecto "*Plantas de tratamiento de aguas residuales y ósmosis inversa*", que por su naturaleza no corresponde a infraestructura acuícola, este apartado no resulta vinculante con el proyecto analizado.
4.23	En los casos de autorización de canalización, el área de manglar a deforestar deberá ser exclusivamente la aprobada tanto en la resolución de impacto ambiental y la autorización de cambio de utilización de terrenos forestales. No se permite la desviación o rectificación de canales naturales o de cualquier porción de una unidad hidrológica que contenga o no vegetación de manglar.
	Para la construcción y operación del proyecto "*Plantas de tratamiento de aguas residuales y ósmosis inversa*", no se solicita la autorización para ningún tipo de canalización que requiera de trabajos de deforestación en los ecosistemas circunvecinos al proyecto.
4.24	Se favorecerán los proyectos de unidades de producción acuícola que utilicen tecnología de toma descarga de agua, diferente a la canalización.

NOM-022-SEMARNAT-2003, ASÍ COMO CON EL ACUERDO MEDIANTE EL CUAL ADICIONA LA ESPECIFICACIÓN 4.43, PUBLICADO EN EL DIARIO OFICIAL DE LA FEDERACIÓN EL 7 DE MAYO DE 2004	
NUMERAL	**VINCULACIÓN DEL PROYECTO CON CADA NUMERAL**
	Toda vez que el presente análisis se refiere a la construcción y operación del proyecto "*Plantas de tratamiento de aguas residuales y ósmosis inversa*", un proyecto de infraestructura hidráulica, no corresponde a un proyecto de producción acuícola, por lo que este apartado no resulta vinculante con el proyecto analizado.
4.25	La actividad acuícola deberá contemplar preferentemente post-larvas de especies nativas producidas en laboratorio.
	Toda vez que el presente análisis se refiere a la construcción y operación del proyecto "Plantas de tratamiento de aguas residuales y ósmosis", un proyecto de infraestructura hidráulica, no corresponde a un proyecto de producción acuícola, por lo que este apartado no resulta vinculante con el proyecto analizado.
4.26	Los canales de llamada que extraigan agua de la unidad hidrológica donde se ubique la zona de manglares deberá evitar, la remoción de larvas y juveniles de peces y moluscos.
	El proyecto hidráulico que se propone evaluar, pretende utilizar agua subterránea salobre para ser tratada mediante el sistema de osmosis inversa y, posteriormente ser utilizada en la operación del proyecto autorizado mediante bitácora 23QR2018TD152. Con base en lo anterior, el aprovechamiento será de aguas salobres profundas sin aprovechar la lente superficial de agua dulce o de los cuerpos de agua vecinos, por lo que no existe el riesgo de que se pudieran extraer larvas y juveniles de peces y moluscos. Por lo anterior, este apartado no resulta vinculante con el proyecto analizado.
4.27	Las obras o actividades extractivas relacionadas con la producción de sal, sólo podrán ubicarse en salitrales naturales; los bordos no deberán exceder el límite natural del salitral, ni obstruir el flujo natural de agua en el ecosistema.
	Por su naturaleza, este proyecto no está dirigido a la producción de sal ni se ubica en una salitral, por lo que este apartado no resulta vinculante con el proyecto "*Plantas de tratamiento de aguas residuales y ósmosis inversa*" analizado.
4.28	La infraestructura turística ubicada dentro de un humedal costero debe ser de bajo impacto, con materiales locales, de preferencia en palafitos que no alteren el flujo superficial del agua, cuya conexión sea a través de veredas flotantes, en áreas lejanas de sitios de anidación y percha de aves acuáticas, y requiere de zonificación, monitoreo y el informe preventivo.
	El proyecto "*Plantas de tratamiento de aguas residuales y ósmosis inversa*", se ajusta a todos y cada uno de los supuestos indicados en este numeral. El proyecto es hidráulico y el sembrado de la infraestructura necesaria se realizará en terrenos previamente desmontados y autorizados en materia de impacto ambiental, sin que se requiera afectar el humedal aledaño. Por lo anterior, la construcción que se propone, se localiza fuera del humedal costero.

NOM-022-SEMARNAT-2003, ASÍ COMO CON EL ACUERDO MEDIANTE EL CUAL ADICIONA LA ESPECIFICACIÓN 4.43, PUBLICADO EN EL DIARIO OFICIAL DE LA FEDERACIÓN EL 7 DE MAYO DE 2004	
NUMERAL	**VINCULACIÓN DEL PROYECTO CON CADA NUMERAL**
4.29	Las actividades de turismo náutico en los humedales costeros en zonas de manglar deben llevarse a acabo de tal forma que se evite cualquier daño al entorno ecológico, así como a las especies de fauna silvestre que en ellos se encuentran. Para ello, se establecerán zonas de embarque y desembarque, áreas específicas de restricción y áreas donde se reporte la presencia de especies en riesgo.
	El proyecto "*Plantas de tratamiento de aguas residuales y ósmosis inversa*", no considera, en ninguna de sus etapas, turismo náutico en los humedales costeros en zonas de manglar. Por lo anterior, este apartado no resulta vinculante con el proyecto analizado.
4.30	En áreas restringidas los motores fuera de borda deberán ser operados con precaución, navegando a velocidades bajas (no mayor de 8 nudos), y evitando zonas donde haya especies en riesgo como el manatí.
	El proyecto "*Plantas de tratamiento de aguas residuales y ósmosis inversa*" no considera en ninguna de sus etapas la realización de actividades relacionadas con turismo náutico en los humedales costeros en zonas de manglar. Por lo anterior, este apartado no resulta vinculante con el proyecto analizado.
4.31	El turismo educativo, ecoturismo y observación de aves en el humedal costero deberán llevarse a cabo a través de veredas flotantes, evitando la compactación del sustrato y el potencial de riesgo de disturbio a zonas de anidación de aves, tortugas y otras especies.
	El proyecto "*Plantas de tratamiento de aguas residuales y ósmosis inversa*", no considera en ninguna de sus etapas efectuar actividades relacionadas con el turismo educativo, ecoturismo u observación de aves en el humedal costero. Por lo anterior, este apartado no resulta vinculante con el proyecto analizado.
4.32	Deberá de evitarse la fragmentación del humedal costero mediante la reducción del número de caminos de acceso a la playa en centros turísticos y otros. Un humedal costero menor a 5 km de longitud del eje mayor, deberá tener un solo acceso a la playa y éste deberá ser ubicado en su periferia. Los accesos que crucen humedales costeros mayores a 5 km de longitud con respecto al eje mayor, deben estar ubicados como mínimo a una distancia de 30 km uno de otro.
	Toda vez que el proyecto "*Plantas de tratamiento de aguas residuales y ósmosis inversa*" no requiere de la construcción de este tipo de accesos a través del humedal, este apartado no resulta vinculante con la construcción del mismo.
4.33	La construcción de canales deberá garantizar que no se fragmentará el ecosistema y que los canales permitirán su continuidad, se dará preferencia a las obras o el desarrollo de infraestructura que tienda a reducir el número de canales en los manglares.
	Toda vez que el proyecto "*Plantas de tratamiento de aguas residuales y ósmosis inversa*" no requiere para su realización de la construcción de canales, este apartado no resulta vinculante con el proyecto analizado.

NOM-022-SEMARNAT-2003, ASÍ COMO CON EL ACUERDO MEDIANTE EL CUAL ADICIONA LA ESPECIFICACIÓN 4.43, PUBLICADO EN EL DIARIO OFICIAL DE LA FEDERACIÓN EL 7 DE MAYO DE 2004	
NUMERAL	**VINCULACIÓN DEL PROYECTO CON CADA NUMERAL**
4.34	Se debe evitar la compactación del sedimento en marismas y humedales costeros como resultado del paso de ganado, personas, vehículos y otros factores antropogénicos.
	Debido a la naturaleza hidráulica proyecto "*Plantas de tratamiento de aguas residuales y ósmosis inversa*", no requiere de la realización de actividades que generen compactación del sustrato del humedal, tales como paso de ganado, personas, vehículos y otros factores antropogénicos. Por lo anterior, este apartado no resulta vinculante con la operación del proyecto.
4.35	Se dará preferencia a las obras y actividades que tiendan a restaurar, proteger o conservar las áreas de manglar ubicadas en las orillas e interiores de las bahías, estuarios, lagunas costeras y otros cuerpos de agua que sirvan como corredores biológicos y que faciliten el libre tránsito de la fauna silvestre.
	Como parte del proyecto "*Plantas de tratamiento de aguas residuales y ósmosis inversa*", se consideran trabajos especialmente dirigidos a la realización de acciones a favor de los humedales, mismas que se definirán en colaboración con las autoridades. Esta propuesta se elaborará en función de la NOM-022-SEMARNAT-2003, así como con el Acuerdo mediante el cual adiciona la especificación 4.43, publicado en el Diario Oficial de la Federación el 7 de mayo de 2004. Esta Especificación 4.43 indica que "La prohibición de obras y actividades estipuladas en los numerales 4.4 y 4.22, y los límites establecidos en los numerales 4.14 y 4.16, podrán exceptuarse siempre que en el informe preventivo o en la manifestación de impacto ambiental, según sea el caso, se establezcan medidas de compensación en beneficio de los humedales y se obtenga la autorización de cambio de uso de suelo correspondiente". Debido a que las instalaciones planteadas para el desarrollo del proyecto, se encuentran a menos de 100 m del mangle que se desarrolla en la zona, como medida de compensación en beneficio de los humedales, la empresa formulará una propuesta de trabajo en favor de los humedales en el Área Natural Protegida de Carácter Estatal "Laguna de Manatí", en coordinación con el Instituto de Biodiversidad y Áreas Naturales Protegidas del Estado de Quintana Roo (IBANQROO) y autorizados por la SEMARNAT. Para lograr lo anterior, esta propuesta se basará en la información que nos ha proporcionado el IBANQROO, mediante el **oficio No. IBANQROO/DANP/DANPZN/12/2021, de fecha 13 de septiembre de 2021** (se anexa copia). Esta propuesta estará vinculada con el "Plan de Acción de Compensación Ambiental en el área natural protegida estatal Sistema Lagunar Chacmochuch, la cual incluye el ANP Laguna Manatí.
4.36	Se deberán restaurar, proteger o conservar las áreas de manglar ubicadas en las orillas e interiores de las bahías, estuarios, lagunas costeras y otros cuerpos de agua que sirvan como corredores biológicos y que faciliten el libre tránsito de la fauna silvestre, de acuerdo como se determinen en el Informe Preventivo.
	Como compensación en favor de los humedales debido a que el proyecto se encuentra a menos de 100 m de zonas con mangle, la empresa promovente formulará una propuesta de trabajo en favor de los humedales en el Área Natural Protegida de Carácter Estatal "Laguna de Manatí", en coordinación con el Instituto de Biodiversidad y Áreas Naturales Protegidas del Estado de Quintana Roo (IBANQROO) y autorizados por la SEMARNAT.

NOM-022-SEMARNAT-2003, ASÍ COMO CON EL ACUERDO MEDIANTE EL CUAL ADICIONA LA ESPECIFICACIÓN 4.43, PUBLICADO EN EL DIARIO OFICIAL DE LA FEDERACIÓN EL 7 DE MAYO DE 2004

NUMERAL	VINCULACIÓN DEL PROYECTO CON CADA NUMERAL
	Para lograr lo anterior, esta propuesta se basará en la información que nos ha proporcionado el IBANQROO, mediante el **oficio No. IBANQROO/DANP/DANPZN/12/2021, de fecha 13 de septiembre de 2021** (se anexa copia). Esta propuesta estará vinculada con el "Plan de Acción de Compensación Ambiental en el área natural protegida estatal Sistema Lagunar Chacmochuch, la cual incluye el ANP Laguna Manatí.
4.37	Se deberá favorecer y propiciar la regeneración natural de la unidad hidrológica, comunidades vegetales y animales mediante el restablecimiento de la dinámica hidrológica y flujos hídricos continentales (ríos de superficie y subterráneos, arroyos permanentes y temporales, escurrimientos terrestres laminares, aportes del manto freático), la eliminación de vertimientos de aguas residuales y sin tratamiento protegiendo las áreas que presenten potencial para ello.
	Los instrumentos de gestión ambiental, tales como el Programa de Ordenamiento Ecológico Local del Municipio Benito Juárez, el "Área de protección de flora y fauna, de la región conocida como Manglares de Nichupté", así como el propio Programa Municipal de Desarrollo Urbano de Benito Juárez, Quintana Roo 2018-2030, han sido elaborados y actualizados, e incluyen de manera importante las medidas y restricciones que se deben observar respecto de los humedales del Sistema Lagunar Nichupté, para su protección y preservación; y con el objeto de proteger y propiciar la regeneración natural de la unidad hidrológica, así como para garantizar la continuidad de las comunidades vegetales y animales de este ecosistema. Mientras el proyecto cumpla con estos instrumentos de gestión ambiental y urbana, se garantiza que cualquier proyecto que se inserte cerca de la unidad hidrológica cumple con los criterios establecidos en este numeral.
4.38	Los programas y proyectos de restauración de manglares deberán estar fundamentados científica y técnicamente y aprobados en la resolución de impacto ambiental, previa consulta a un grupo colegiado. Dicho proyecto deberá contar con un protocolo que sirva de línea de base para determinar las acciones a realizar.
	Como parte fundamental del desarrollo del Proyecto autorizado mediante bitácora 23QR2018TD152, actualmente se realizan trabajos de compensación en beneficio de los humedales en el Área Natural Protegida de Carácter Estatal Laguna de Manatí. La empresa promovente formulará una propuesta de trabajo en favor de los humedales en el Área Natural Protegida de Carácter Estatal "Laguna de Manatí", en coordinación con el Instituto de Biodiversidad y Áreas Naturales Protegidas del Estado de Quintana Roo (IBANQROO) y autorizados por la SEMARNAT. Para lograr lo anterior, esta propuesta se basará en la información que nos ha proporcionado el IBANQROO, mediante el **oficio No. IBANQROO/DANP/DANPZN/12/2021, de fecha 13 de septiembre de 2021** (se anexa copia). Esta propuesta estará vinculada con el "Plan de Acción de Compensación Ambiental en el área natural protegida estatal Sistema Lagunar Chacmochuch, la cual incluye el ANP Laguna Manatí.
4.39	La restauración de humedales costeros con zonas de manglar deberá utilizar el mayor número de especies nativas dominantes en el área a ser restaurada, tomando en cuenta la estructura y composición

NOM-022-SEMARNAT-2003, ASÍ COMO CON EL ACUERDO MEDIANTE EL CUAL ADICIONA LA ESPECIFICACIÓN 4.43, PUBLICADO EN EL DIARIO OFICIAL DE LA FEDERACIÓN EL 7 DE MAYO DE 2004

NUMERAL	VINCULACIÓN DEL PROYECTO CON CADA NUMERAL
	de la comunidad vegetal local, los suelos, hidrología y las condiciones del ecosistema donde se encuentre.
	En el predio donde se propone el desarrollo del proyecto en evaluación, se han realizado trabajos de restauración y mantenimiento en cinco áreas interiores con manglar que se han destinado a conservación. Adicionalmente a estos trabajos, como medida de compensación en beneficio de los humedales, la empresa actualmente realiza trabajos de rehabilitación y reforestación de mangle en el Área Natural Protegida de Carácter Estatal "Laguna de Manatí", en coordinación con el Instituto de Biodiversidad y Áreas Naturales Protegidas del Estado de Quintana Roo (IBANQROO) y autorizados por la SEMARNAT mediante el oficio número 04/SGA/1493/2020.03120, autorizó la modificación del resolutivo del proyecto, con la finalidad de realizar un Programa de Compensación en Beneficio de los Humedales parta ser aplicado en la zona de manglar del Área Natural Protegida Laguna Manatí. Debido a que las obras planteadas para el desarrollo del proyecto "*Plantas de tratamiento de aguas residuales y ósmosis inversa*", se encuentran a menos de 100 m del mangle que se desarrolla en la zona, como medida de compensación en beneficio de los humedales, la empresa preparará una propuesta de trabajo en favor de los humedales en el Área Natural Protegida de Carácter Estatal "Laguna de Manatí", en coordinación con el Instituto de Biodiversidad y Áreas Naturales Protegidas del Estado de Quintana Roo (IBANQROO) y autorizados por la SEMARNAT. Para lograr lo anterior, esta propuesta se basará en la información que nos ha proporcionado el IBANQROO, mediante el **oficio No. IBANQROO/DANP/DANPZN/12/2021, de fecha 13 de septiembre de 2021** (se anexa copia). Esta propuesta estará vinculada con el "Plan de Acción de Compensación Ambiental en el área natural protegida estatal Sistema Lagunar Chacmochuch, la cual incluye el ANP Laguna Manatí..
4.40	Queda estrictamente prohibido introducir especies exóticas para las actividades de restauración de los humedales costeros.
	Los trabajos que actualmente se realizan para la rehabilitación y reforestación de mangle en el Área Natural Protegida de Carácter Estatal "Laguna de Manatí", en coordinación con el Instituto de Biodiversidad y Áreas Naturales Protegidas del Estado de Quintana Roo (IBANQROO) y autorizados por la SEMARNAT, ha consistido en el rescate y propagación de plantas de mangle botoncillo (*Conocarpus erectus*) y del mangle blanco (*Laguncularia racemosa*), los cuales se han producido a partir del material genético de las mismas plantas madres que se desarrollan en la propia áreas naturales protegida. Por lo tanto, la restauración de este humedal se realiza con especies nativas y propias del ecosistema que se está restaurando, con lo cual se da cumplimiento cabal a lo establecido en el presente numeral.
4.41	La mayoría de los humedales costeros restaurados y creados requerirán de por lo menos de tres a cinco años de monitoreo, con la finalidad de asegurar que el humedal costero alcance la madurez y el desempeño óptimo.
	Se contempla este seguimiento a largo plazo en cumplimiento del contenido del Programa de Compensación en Beneficio del Humedal "Laguna Manatí", y que ha sido autorizado por el Instituto de

NOM-022-SEMARNAT-2003, ASÍ COMO CON EL ACUERDO MEDIANTE EL CUAL ADICIONA LA ESPECIFICACIÓN 4.43, PUBLICADO EN EL DIARIO OFICIAL DE LA FEDERACIÓN EL 7 DE MAYO DE 2004

NUMERAL	VINCULACIÓN DEL PROYECTO CON CADA NUMERAL
	Biodiversidad y Áreas Naturales Protegidas del gobierno del estado de Quintana Roo, lo cual se notificó mediante el oficio No IBANQROO/DDGINBANPEQROO/008/2021, de fecha 20 de enero de 2021.
4.42	Los estudios de impacto ambiental y ordenamiento deberán considerar un estudio integral de la unidad hidrológica donde se ubican los humedales costeros.
	En el año 2018 se realizó un Estudio Geohidrológico en la zona donde se localiza el proyecto autorizado mediante bitácora 23QR2018TD152 para conocer de los flujos geohidrológicos. En este estudio se encontró que las rocas calcáreas del área están afectadas por un gran desarrollo cárstico, que indica la existencia de una alta permeabilidad y, debido a la precipitación pluvial, la estratigrafía y la morfología, son capaces de conformar acuíferos de tipo libre de gran capacidad. Las conclusiones más relevantes del estudio son las siguientes: 1.- Durante el levantamiento geológico superficial no se encontró evidencia de sascab, ni se registraron estratos del mismo durante la perforación de los pozos, por lo que se presume que la infiltración del agua precipitada es a través de la roca caliza de alta permeabilidad. 2.- Las rocas calcáreas del área están afectadas por un gran desarrollo cárstico, que indica la existencia de una alta permeabilidad y, debido a la precipitación pluvial, la estratigrafía y la morfología, son capaces de conformar acuíferos de tipo libre de gran capacidad. 3.- Las aguas del subsuelo cuentan con una dirección preferencial del flujo subterráneo dominado principalmente por los conductos de disolución subterráneos o bien por las fracturas con dirección predominantemente NW-SE. 4.- El agua subterránea de “buena calidad” en esta unidad acuífera se presenta como un delgado estrato de 3 metros de agua dulce flotando por densidad sobre un cuerpo regional de agua salina de composición cercana a la de mar. 5.- Dentro del predio se manifestaron fallas en el suelo representadas como grietas longitudinales de ancho y profundidad variable, probablemente inducidas por la vibración y tránsito de maquinaria pesada. Esto podría limitar la capacidad de carga del suelo propiciando modificaciones en los diseños de cimentación. 6.- Las aguas del subsuelo cuentan con una dirección preferencial del flujo subterráneo dominado principalmente por los conductos de disolución subterráneos que descargan directamente al mar. 7.- En particular, en la zona que ocupa el predio se tiene que el acuífero, adicionalmente a la carga remota generada aguas arriba del sentido de tránsito, cuenta con una recarga vertical inmediata ocasionada por la infiltración del agua precipitada en las canales de disolución localizadas en la superficie del predio, descargando por debajo de la superficie a través de la zona de fisuras que se localizan a lo largo de la costa. El acuífero de esta zona presenta una diversificación vertical en su calidad gobernada en parte por la misma estratificación del acuífero. Por lo que el modelo conceptual de la zona de estudio sería de la siguiente manera. 8.- El flujo preferencial del predio sería característico de una isla y se establece de la siguiente manera. 9.- La vulnerabilidad del acuífero a la contaminación representa su sensibilidad para ser adversamente afectado por una carga de contaminante impuesta. Las diversas metodologías empleadas para obtener

NOM-022-SEMARNAT -2003, ASÍ COMO CON EL ACUERDO MEDIANTE EL CUAL ADICIONA LA ESPECIFICACIÓN 4.43, PUBLICADO EN EL DIARIO OFICIAL DE LA FEDERACIÓN EL 7 DE MAYO DE 2004

NUMERAL	VINCULACIÓN DEL PROYECTO CON CADA NUMERAL
	este parámetro dan como resultante en el sitio de proyecto una vulnerabilidad alta, por lo que las descargas de aguas residuales tratadas que se generen deberán estar apegadas a la normatividad vigente emitida por la CNA a efecto de minimizar el riesgo de introducir contaminantes al acuífero. 10.- La construcción de la cimentación de los edificios no representará taponamientos para el drenado natural de las aguas subterráneas, pero el drenaje pluvial deberá ser diseñado para desalojar los volúmenes picos señalados en el rubro del clima. De esta manera no se prevé afectación alguna por la construcción de cimientos, sobre el acuífero que subyace al predio. Esto toda vez que, en el caso de que se construyan pilas o pilotes la superficie que se pudiera oponer a los flujos preferenciales no será más del 0.1% de la superficie que ocupan dichas descargas. En caso de que se utilizaran como cimientos zapatas corridas estas, no verán afectadas los flujos de agua subterráneos. 11.- De forma general se puede concluir que el agua en los primeros 3 m de profundidad se clasifica por su salinidad y sodio en el rango C3-S1. 12.- La capacidad de infiltración en el predio es alta debido a la conformación de arena; en los sitios bajos donde se han acumulado capas de limos y/o arcillas, se pueden presentar entarquinamientos superficiales de agua precipitada, por lo que el diseño de la cimentación de las estructuras deberá conservar los drenes naturales mediante la construcción de alcantarillas y/o puentes. 13.- La probabilidad de que se presenten altas precipitaciones pluviales en relativamente cortos espacios de tiempo es alta, lo que pudiera propiciar encharcamientos de agua de no contar con un buen diseño de drenaje pluvial. 14.- Se sugiere considerar la alta incidencia de huracanes para el diseño de las estructuras, tanto por la resistencia de las mismas como por la erosión que pudiera ocasionar la marejada ante un evento extremo. 15.- Se registró la presencia de ácido sulfhídrico en toda la columna de agua detectándose mayores concentraciones del nivel del suelo hasta los 20 m. Con lo anterior se dio cumplimiento a lo indicado en este numeral, lo cual sigue siendo válido para la presente Manifestación de Impacto Ambiental.
4.43	La prohibición de obras y actividades estipuladas en los numerales 4.4 y 4.22, y los límites establecidos en los numerales 4.14 y 4.16, podrán exceptuarse siempre que en el informe preventivo o en la manifestación de impacto ambiental, según sea el caso, se establezcan medidas de compensación en beneficio de los humedales y se obtenga la autorización de cambio de uso de suelo correspondiente.
	Debido a que el proyecto “Plantas de tratamiento de aguas residuales y ósmosis inversa”, se encuentra a menos de 100 m del mangle que se desarrolla en la zona lagunar, cae en el supuesto indicado en la especificación 4.16: “*Las actividades productivas como la agropecuaria, acuícola intensiva o semi intensiva, infraestructura urbana, o alguna otra que sea aledaña o colindante con la vegetación de un humedal costero, deberán dejar una distancia mínima de 100 m respecto al límite de la vegetación, en la cual no se permitirá actividades productivas o de apoyo*”. Para lograr la viabilidad del Proyecto “Plantas de tratamiento de aguas residuales y ósmosis inversa” con respecto a la NOM-022-SEMARNAT -2003, así como con el Acuerdo mediante el cual adiciona la

NOM-022-SEMARNAT-2003, ASÍ COMO CON EL ACUERDO MEDIANTE EL CUAL ADICIONA LA ESPECIFICACIÓN 4.43, PUBLICADO EN EL DIARIO OFICIAL DE LA FEDERACIÓN EL 7 DE MAYO DE 2004

NUMERAL	VINCULACIÓN DEL PROYECTO CON CADA NUMERAL

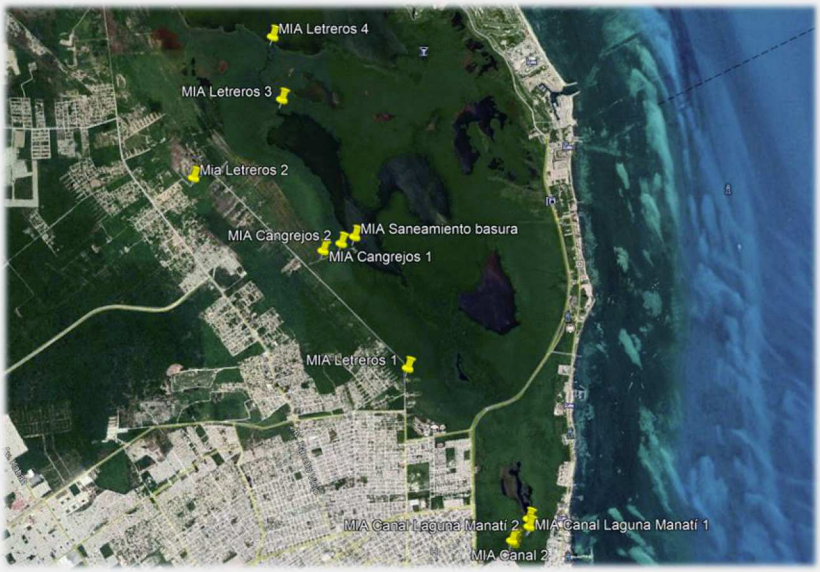
especificación 4.43, publicado en el Diario Oficial de la Federación el 7 de mayo de 2004, la cual indica que "*La prohibición de obras y actividades estipuladas en los numerales 4.4 y 4.22, y los límites establecidos en los numerales 4.14 y 4.16,* ***podrán exceptuarse siempre que en el informe preventivo o en la manifestación de impacto ambiental, según sea el caso, se establezcan medidas de compensación en beneficio de los humedales*** *y se obtenga la autorización de cambio de uso de suelo correspondiente*", se formulará una propuesta de trabajo en favor de los humedales en el Área Natural Protegida de Carácter Estatal "Laguna de Manatí", en coordinación con el Instituto de Biodiversidad y Áreas Naturales Protegidas del Estado de Quintana Roo (IBANQROO) y autorizados por la SEMARNAT.

Para lograr lo anterior, esta propuesta se basará en la información que nos ha proporcionado el IBANQROO, mediante el **oficio No. IBANQROO/DANP/DANPZN/12/2021, de fecha 13 de septiembre de 2021** (se anexa copia). Esta propuesta estará vinculada con el "Plan de Acción de Compensación Ambiental en el área natural protegida estatal Sistema Lagunar Chacmochuch, la cual incluye el ANP Laguna Manatí.

Esta propuesta incluirá algunos de los siguientes aspectos:

- Señalizaciones
- Motor para el movimiento y oxigenación de agua estancada
- Saneamiento Ambiental.
- Reconexión del flujo hidrológico
- Desazolve y rehabilitación de canales comunicantes.

A continuación, se muestra una imagen con las localizaciones de los sitios indicados por el IBANQROO para considerar al elaborar la propuesta.



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

1.- DELIMITACIÓN DEL SISTEMA AMBIENTAL

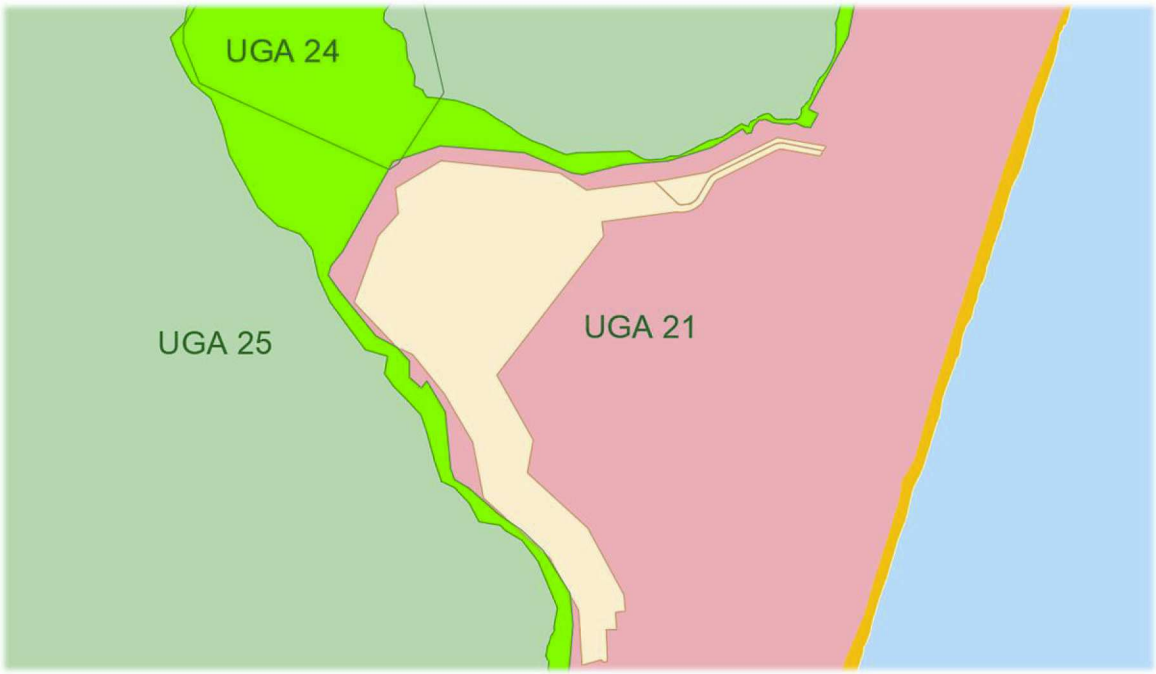
Para definir el Sistema Ambiental del proyecto, se han tomado en cuenta los "Lineamientos que establecen criterios técnicos de aplicación de la ley general del equilibrio ecológico y la protección al ambiente y su reglamento en materia de evaluación de impacto ambiental", publicado por la Subsecretaría de Gestión para la Protección Ambiental de la Dirección General de Impacto y Riesgo Ambiental de la SEMARNAT, en los que se sugieren los siguientes criterios para la delimitación del Sistema Ambiental:

1. Unidades de Gestión Ambiental, para aquellos casos en los que el proyecto se ubique en una zona regulada por un Ordenamiento Ecológico Territorial.
2. Factores sociales, como poblaciones, municipios, etc.
3. Usos del suelo y tipos de vegetación.
4. Cuenca y -microcuenca,
5. Usos de suelo permitidos por algún tipo de plan de desarrollo urbano.
6. Combinación de los criterios antes señalados para concretar mejor las unidades ambientales propuestas.

El predio donde actualmente se construye el Proyecto autorizado mediante bitácora 23QR2018TD152 y en el cual se pretende instalar infraestructura hidráulica, concretamente plantas de tratamiento de aguas residuales y de purificación de agua por el método de ósmosis inversa, se localiza dentro de la UGA No. 21 "ZONA URBANA DE CANCÚN" del POEL del Municipio Benito Juárez.

Con base en el punto 1, "*Unidades de Gestión Ambiental, para aquellos casos en los que el proyecto se ubique en una zona regulada por un Ordenamiento Ecológico Territorial*", el predio que recibe el proyecto se encuentra localizado íntegramente en la UGA 21.

Por otro lado, debido a que el predio que recibirá el proyecto en evaluación, se encuentra en colindancia con el margen de la Laguna Nichupté, así como los desarrollos de mangle que se forman en sus riveras y que en su conjunto conforman la totalidad del sistema lagunar, se decidió integrarlos al Sistema Ambiental del análisis, considerando el Punto 6 de los criterios ya referidos: "Combinación de los criterios antes señalados para concretar mejor las unidades ambientales propuestas".



Plano del predio donde se desarrolla el Proyecto autorizado mediante bitácora 23QR2018TD152, localizado por completo dentro de la UGA-21 (Zona Urbana de Cancún), así como las UGAs colindantes, tal y como lo determina el Programa de Ordenamiento Ecológico Local del Municipio de Benito Juárez, Quintana Roo. Se muestra en rosa el polígono que delimita la UGA 21 "Zona Urbana de Cancún", parte de la UGA-25 (Sistema Lagunar Nichupté) y la UGA-24 (Manglares de Nichupté).

Este sistema lagunar y sus áreas palustres se encuentran integrados en dos Unidades de Gestión Ambiental del propio Programa de Ordenamiento Ecológico Local del Municipio Benito Juárez. Estas Unidades de Gestión Ambiental son la UGA-24 "ANP MANGLARES DE NICHUPTÉ" y la UGA-25 "SISTEMA LAGUNAR NICHUPTÉ".

La primera de ellas comprende la porción oriental de la mancha urbana de la ciudad de Cancún que es colindante con la zona lacustre adyacente al Sistema Lagunar Nichupté. El 26 de febrero de 2008, se publicó en el Diario Oficial de la Federación el Decreto por el que se declara área natural protegida, con la categoría de "Área de protección de flora y fauna, la región conocida como Manglares de Nichupté, localizada en el Municipio de Benito Juárez, en el Estado de Quintana Roo".

Esta UGA comprende los 12 polígonos que conforman esta Área Natural Protegida y es equivalente a la UGA-24, y establece sus parámetros de acuerdo con lo establecido en su Decreto y/o Programa de Manejo correspondiente.

Por otro lado, el Programa de Ordenamiento Ecológico Local del Municipio Benito Juárez estableció la UGA-25 "SISTEMA LAGUNAR NICHUPTÉ", reconociendo que el polígono y superficie de esta UGA es parte del territorio municipal de Benito Juárez, Quintana Roo, de conformidad con la Constitución Local (Art. 128). Esta UGA comprende la totalidad del espejo de agua del Sistema Lagunar, incluyendo la laguna Bojórquez y sus zonas federales y terrenos ganados a la laguna, estableciendo en sus regulaciones que se deberá remitir a la competencia federal por mandato constitucional (Art. 27) y por mandato legal (Ley de Aguas Nacionales).

Así, para delimitar el área en la que el proyecto tendrá influencia se utilizó la definición establecida por la SEMARNAT en donde se menciona que el área de influencia es: "el espacio físico asociado al alcance máximo de los impactos directos e indirectos ocasionados por el proyecto en el sistema ambiental y que alterará algún elemento ambiental".

Plano que muestra en tres tonos de verde, el Sistema Ambiental que se ha establecido para el análisis del proyecto. Este Sistema Ambiental incluye tres UGAs: la UGA-21 (Zona Urbana de Cancún), la UGA-25 (Sistema Lagunar Nichupté) y la UGA-24 (Manglares de Nichupté).

Así, con la conformación de este Sistema Ambiental que integra estas tres UGA´s, se pretende analizar la UGA 21, ya que es en la que se encuentra localizado el terreno del proyecto. Adicionalmente, debido a la

colindancia con el Sistema Lagunar Nichupté y sus ecosistemas de manglar, es que se propone integrar también las UGA´s 24 y 25. A continuación, se resume la información de estos ecosistemas, y se incluyen los listados florístico y faunístico disponibles, incluyendo los publicados en el Programa de Manejo del Área de Protección de Flora y Fauna Manglares de Nichupté y en menor medida los aspectos relevantes de la UGA 21.

1.1. Caracterización de la Zona Urbana de Cancún (UGA 21

La UGA 21 corresponde a la poligonal del Centro de Población establecida en el Programa Municipal de Desarrollo Urbano de Benito Juárez, Quintana Roo 2018-2030, publicado en el Periódico Oficial del Gobierno del estado Tomo I, No. 39 Extraordinario, Novena Época, el pasado 17 de abril de 2019.

Esta UGA tiene como objetivo el regular el aprovechamiento sustentable de los recursos naturales en las zonas de reserva para el crecimiento urbano, dentro de los límites del centro de población, con el fin de mantener los ecosistemas relevantes y en el mejor estado posible, así como los bienes y servicios ambientales que provee la zona, previo al desarrollo urbano futuro.

Según el ordenamiento vigente, esta UGA presenta una problemática que tiene que ver con la presión sobre los recursos naturales por incremento de asentamientos irregulares; Expansión de la mancha urbana fuera de los centros de población; Presión y riesgo de contaminación al acuífero por la expansión urbana y falta de servicios básicos; Incremento en la incidencia y de Incendios Forestales; Carencia de servicios de recolección y disposición final de los Residuos Sólidos Urbanos; Incompatibilidad entre instrumentos de planeación urbana y ambiental; Necesidades de infraestructura en zonas urbanas de Cancún; Cambios de Uso de Suelo no autorizados.

A continuación, se resume la información de la geografía que cubre esta UGA y se incluyen los listados florístico y faunístico disponibles. Según el ordenamiento vigente, esta UGA tiene una problemática derivada de la presión de los recursos naturales por incremento de asentamientos irregulares; Expansión de la mancha urbana fuera de los centros de población; Presión y riesgo de contaminación al acuífero por la expansión urbana y falta de servicios básicos; Incremento en la incidencia y de Incendios Forestales; Carencia de servicios de recolección y disposición final de los Residuos Sólidos Urbanos; Incompatibilidad entre instrumentos de planeación urbana y ambiental; Necesidades de infraestructura en zonas urbanas de Cancún; Cambios de Uso de Suelo no autorizados.

Las características bióticas que se presentan en esta UGA, derivan de los siguientes ecosistemas que ocuparon originalmente este territorio:

Selva Mediana Subperennifolia. A pesar de que se trata de una UGA para el desarrollo urbano, una parte importante de su superficie aún presenta vegetación derivada del ecosistema original de la zona: Vegetación derivada de Selva Mediana Subperennifolia, que según la Caracterización Ambiental realizada como fundamento del POEL vigente, indica que representa el 85.3% del sistema ambiental municipal.

Este tipo de vegetación se desarrolla sobre suelos tipo litosol y luvisol. Esta vegetación presenta una amplia distribución formando extensos macizos con distintos estados de desarrollo y conservación que colindan con los otros tipos de vegetación.

En la Selva Mediana Subperennifolia predominan los rodales con vegetación secundaria arbórea, en menor proporción se presentan parches con dominancia de plantas arbustivas y herbáceas. En el sotobosque de esta comunidad son comunes especies de palmas, trepadoras y epifitas. Este tipo de vegetación ha sido severamente afectado y de manera recurrente por huracanes, incendios forestales y actividades antropogénicas.

Tular. También se desarrollan tulares, que son ecosistemas compuestos por una comunidad herbácea de plantas acuáticas enraizadas en el fondo, en esta comunidad se incluyen también las agrupaciones de plantas herbáceas adaptadas a inundación temporal constituidas principalmente por monocotiledóneas de 20 cm hasta 2.5 m de altura total, de hojas largas y angostas (gramíneas y ciperáceas).

Esta vegetación se desarrolla en zonas inundadas con agua dulce o salobre, en terrenos bajos, por lo general con humedad permanente. Este tipo de vegetación está constituido básicamente por plantas de tule (*Typha domingensis*), aunque también se pueden encontrar manchones de carrizales con dominancia de *Phragmites australis*, y los ceibadales de *Cladium jamaicense*.

Se presenta en forma de extensos y alargados manchones que se extienden tierra adentro en la parte norte por lo general en colindancia con los manglares y las selvas. En la costa Este se presentan en forma de franjas y manchones paralelos a la costa, en colindancia con el manglar y las selvas bajas. También se observan tierra adentro alrededor de cenotes, lagunas y aguadas en forma de círculos. Estas comunidades ocupan en total una superficie de 18,883.72 hectáreas que representa el 2.2% de este sistema ambiental.

Manglares. En este sistema ambiental, los manglares ocupan una superficie de 42,199.99 hectáreas (4.9% del área total). Esta comunidad vegetal eminentemente costera, colinda con la duna costera, los tulares y las

selvas, se observa también en los márgenes las lagunas costeras. Esta comunidad presenta dominancia arbustiva; se desarrolla en suelos planos, con drenaje deficiente, ricos en materia orgánica y susceptibles a intrusión de agua marina.

El manglar está conformado por plantas facultativas que poseen adaptaciones morfológicas y fisiológicas que les permiten tolerar la alta salinidad y por tanto colonizar terrenos inundados con agua salobre. Las especies características de esta comunidad son: el mangle rojo (*Rhizophora mangle*), mangle blanco (*Laguncularia racemosa*), mangle negro (*Avicennia germinans*) y el mangle botoncillo (*Conocarpus erectus*), que muestran un patrón clásico de zonación propio del manglar.

El mangle rojo se desarrolla en las zonas con mayor tiempo de inundación, los mangles blanco y negro en los sitios de inundación estacional intermedia, mientras que el botoncillo se distribuye preferentemente en las zonas de menor inundación, donde establece un ecotono con las comunidades vegetales vecinas.

El manglar de franja tiene una influencia directa del agua de mar o del cuerpo de agua que rodea, por lo general forma una franja angosta que corresponde a la zona de mayor inundación. La especie dominante es *Rhizophora mangle*, pero también pueden estar presentes: *Avicennia germinans y Laguncularia racemosa* en los sitios con menor inundación. El manglar de cuenca se desarrolla por lo general detrás de la barra arenosa, en suelos con menos aporte de nutrientes, por lo que en estos sitios es característico el manglar chaparro.

Matorral Costero. La distribución potencial de este tipo de vegetación corresponde al litoral arenoso desde Holbox hasta Punta Brava en Puerto Morelos, en una franja delgada que se amplía principalmente en las inmediaciones de Cabo Catoche y al norte de Punta Sam.

En la vegetación de dunas se reconocen dos condiciones: una con dominancia de plantas herbáceas adaptadas al crecimiento en suelos arenosos con alta salinidad que se establece próxima al mar en las dunas móviles y está representada por especies pioneras; como la suculenta (*Sesuvium portulacastrum*), margarita de mar (*Ambrosia hispida*), la riñonina (*Ipomoea pes-caprae*) y el lirio de mar (*Hymenocallis littoralis*).

En las dunas más estables se desarrolla el matorral costero, con dominancia de plantas arbustivas y arbóreas adaptadas a las condiciones de suelos arenosos, pobres en materia orgánica y con salinidad.

En esta comunidad son comunes especies como el chit (*Thrinax radiata*), chechem, (*Metopium brownei*) el xocoy (*Pithecellobium keyense*), uva de mar (*Coccoloba uvifera*), el romero (*Suriana maritima*) y el sikimay (*Tournefortia gnaphalodes*), entre otras. En esta comunidad se aprecian afectaciones debidas a los fuertes vientos, la brisa salina y el desarrollo de infraestructura turística.

A continuación, se presenta en forma de síntesis la tabla que muestra las características de esta UGA en cuanto a su condición actual (tomado del Modelo de Ordenamiento Ecológico Local del Municipio de Benito Juárez, Quintana Roo).

Condiciones de la Vegetación y Uso de Suelo de la UGA 21			
CLAVE	CONDICIONES DE LA VEGETACIÓN	HECTÁREAS	%
ZU	Zona Urbana	10,622.07	30.40
VS2	Vegetación Secundaria Arbórea de Selva Mediana Subperennifolia en recuperación	9,666.56	27.67
VSa	Vegetación Secundaria Arbustiva de Selva Mediana Subperennifolia	5,241.10	15.00
VSA	Vegetación Secundaria Arbórea de Selva Mediana Subperennifolia en buen estado	2,647.59	7.58
SV	Sin Vegetación Aparente	2,302.20	6.59
AH	Asentamiento Humano	2,108.27	6.03
Ma	Manglar	1,023.16	2.93
SBS	Selva Baja Subcaducifolia	693.00	1.98
GR	Mangle Chaparro y graminoides	363.84	1.04
CA	Cuerpo de Agua	156.52	0.45
TU	Tular	76.68	0.22
MT	Matorral Costero	36.18	0.10
TOTAL		34,937.17	100.00

En cuanto a la fauna en esta UGA urbana, la mayor parte de ella ha desaparecido o migrado a las áreas naturales que rodean la ciudad, permaneciendo solo aquellas especies que se han adaptado mejor a la presencia humana e incluso han logrado sacar provecho.

Tal es el caso del tlacuache (*Didelphis virginiana*) y la ardilla yucateca (*Sciurus yucatanensis*) que habitan en áreas verdes y parques de toda la ciudad. Otra especie que ha logrado convivir con el ser humano es el tejón (*Nasua narica*), aunque la presencia de esta especie se limita a las zonas con vegetación más densa, como los humedales de la colonia Donceles 28, Puerto Juárez y Malecón Cancún, así como la selva mediana en sucesión del Parque Kabah.

Los mamíferos voladores son tal vez los más abundantes, siendo el murciélago *Artibeus jamaicensis* la especie más representativa debido a sus hábitos frugívoros, encontrándose en casi todas las áreas verdes de la ciudad, aunque se presentan otras especies en menor cantidad como *Artibeus lituratus* y *Glossophaga soricina*.

En las zonas en crecimiento como la colonia Álamos y Doctores, donde aún existe una amplia zona de vegetación secundaria, se han observado venados cola blanca (*Odocoileus virginianus*), venado temazate (*Mazama americana*), mapaches (*Procyon lotor*), el grisón (*Galictis vittata*), agutí (*Aguti paca*), y el sereque (*Dasyprocta punctata*) entre otras especies.

El grupo de las aves es el más reconocido por los habitantes de la ciudad, con abundancia de zanates (*Quiscalus mexicanus*) siendo por mucho la especie más abundante en la ciudad, aunque también son muy comunes las palomas aliblancas (*Zenaida asiática*), la tortolita colorada (*Columbina talpacoti*), y la paloma turca (*Streptopelia decaocto*).

Los pericos (*Aratinga nana*) son observados en bandadas pequeñas o medianas, principalmente a tempranas horas del día y poco antes del atardecer. También son comunes las chachalacas (*Ortalis vetula*), principalmente en las zonas menos alteradas. Otras especies también comunes en parque y áreas verdes son el cenzontle (*Mimus gilvus*) y el Luis bienteveo (*Pitangus sulphuratus*).

Entre los reptiles, tal vez la especie más común en la zona urbana es la iguana rayada (*Ctenosaura similis*), la cual establece su madriguera en las construcciones abandonadas o bardas de block o roca. Otras especies comunes, pero menos llamativas son las lagartijas (*Anolis* spp) muy abundantes inclusive en los jardines particulares de todas las viviendas.

En zonas menos alteradas aún es posible encontrar boas (*Boa constrictor*) entre otras especies de serpientes, como las raneras (*Leptophis mexicanus*), culebra rayada (*Coniophanes schmidti*), y bejuquillo (*Oxybelis aeneus*).

1.2. Caracterización del Sistema Lagunar Nichupté (UGAs 24 y 25)

En la Caracterización Ambiental elaborada para la elaboración del POEL, define el área del Sistema Lagunar Nichupté, como una "planicie inundable", la cual corresponde a: "*…los humedales y cuerpos de agua costeros, incluyendo el Sistema Lagunar Nichupté, la Laguna Manatí, los manglares y las zonas inundables con*

vegetación graminoide que se encuentran entre la barra litoral y la llanura rocosa. Esta unidad tiene una superficie total de 14,498.75 hectáreas, ha sido fragmentada por la construcción de carreteras, la apertura de canales y rellenada para la construcción de viviendas y desarrollos turísticos".

Así, el Sistema Lagunar de Nichupté se integra por los cuerpos de agua que están asociados mediante canales y conexiones marinas, además de los humedales inundables que rodean estos cuerpos de agua, conformando un todo ecológicamente integrado.

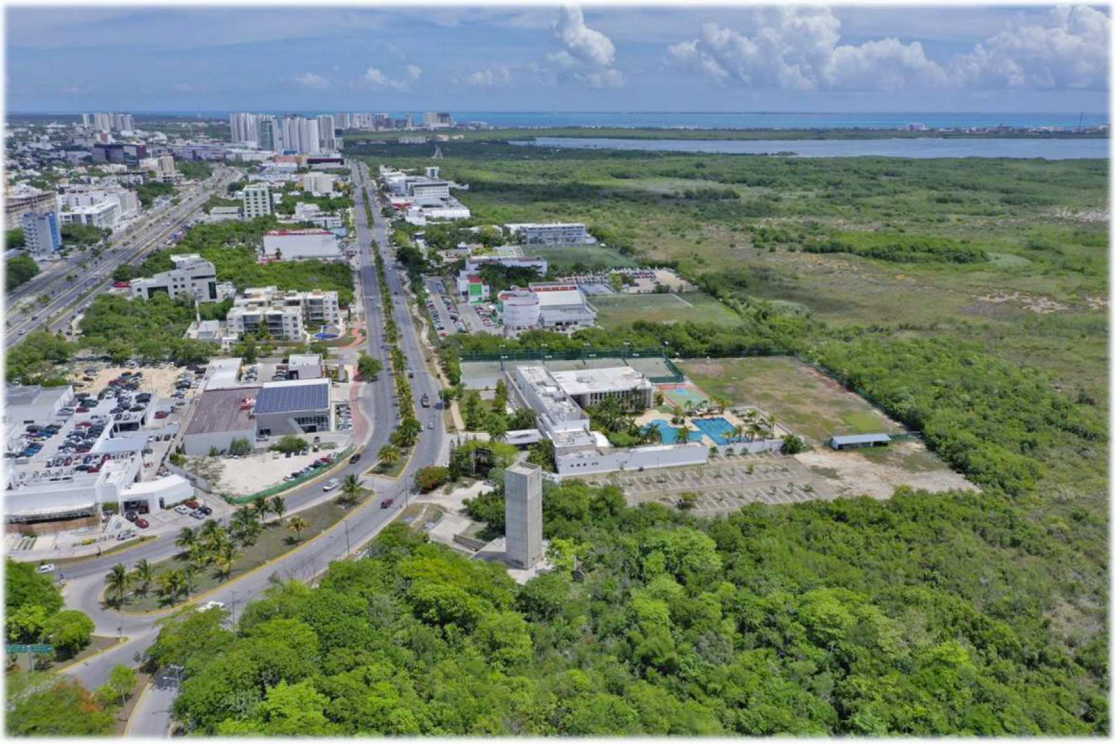
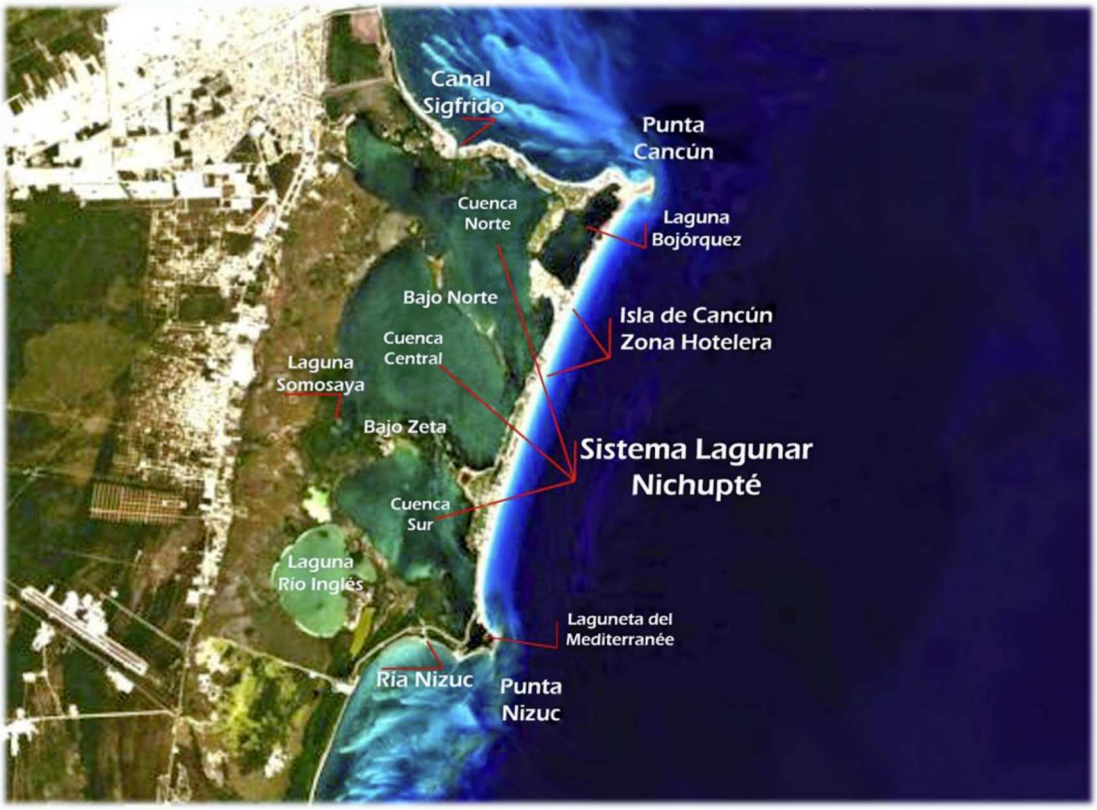


Imagen aérea que permite una perspectiva del entorno actual del SLN. Se aprecia el desarrollo urbano que bordea los manglares, así como las áreas naturales que se desarrollan al Este de la mancha urbana. Se puede ver la vegetación que integra los humedales, incluyendo la vegetación secundaria que crece en el borde con la mancha urbana, y posteriormente el desarrollo de la sabana con algunos desarrollos de mangle. Al fondo se aprecia la Bahía de Mujeres y la Laguna Nichupté.

El Sistema Lagunar de Nichupté (SLN) es un sistema costero compuesto por siete cuerpos de agua (Laguna de Bojórquez, Cuenca Norte, Cuenca Central, Cuenca Sur, Río Inglés, Laguna de Somosaya y Laguneta o Caleta del Club Mediterranée). Este sistema lagunar está separado del mar por una barrera conocida como tómbolo arenoso (Isla de Cancún) y se comunica con el mar por dos canales dragados para facilitar la navegación, el canal Sigfrido al norte y el canal Nizuc al sur.

Este sistema tiene aproximadamente 12 km de ancho por 21 km de largo, con un área total de 4,774 hectáreas y un volumen de 108.9 x 106 m. La profundidad en general es somera, desde bajos de 10 a 30 cm hasta las zonas centrales de las cuencas de 1 a 2 m y canales de hasta 4 m.



Conformación morfológica del Sistema Lagunar Nichupté. El tómbolo arenoso (Isla de Cancún) que separa al Mar Caribe del sistema lagunar solo cuenta con dos comunicaciones: El Canal Sigfrido al norte y el Canal o Ría Nizuc al sur. Se muestran la Laguna Bojórquez, Cuenca Norte, Cuenca Central, Cuenca Sur, Río Inglés, Laguna de Somosaya y Laguneta o Caleta del Club Mediterranée, así como el Bajo de la Zeta al sur y el Bajo Norte.

Tiene aguas prácticamente marinas, de sedimentos arenosos cubiertos por manchones de pastos y las orillas por crecimientos de manglares. Por su configuración morfológica se divide en tres cuencas: norte, central y sur; y puede decirse que la laguna de Río inglés al Sur y la laguna de Bojórquez al norte de estas cuencas son cuerpos de agua relativamente aislados, con peculiares y limitados sistemas de circulación. En la región no existen ríos superficiales, por lo que el intercambio de agua dulce de las lagunas se realiza a través de los flujos subterráneos.

El agua en la mayor parte del SLN es transparente y de origen marino. La zona este recibe aportes dulceacuícolas subterráneos resultado de la captura de agua de lluvia en la planicie de inundación adyacente, por lo que se pueden encontrar ciertas áreas salobres, sin embargo, su influencia no alcanza a modificar la salinidad global de Nichupté, por lo que su efecto es local.

Las mareas son de tipo mixto, diurnas, con una amplitud de 0.2 m. Los canales de Nizuc y Cancún reducen la amplitud de marea de la región a 0.03 m dentro del SLN (Merino *et al*. 1988) describen un gradiente de salinidad y temperatura E-O como una tendencia general en Nichupté; la zona este del sistema con variación estacional en la salinidad y la oeste prácticamente marina. Hay tres períodos climáticos principales: de secas de febrero a mayo, de lluvias de verano de junio a septiembre y de lluvias de invierno ("nortes") de octubre a enero.

Los vientos, la evaporación y las lluvias son los factores que más afectan la hidrología del SLN (Merino et al., 1988). La transparencia en el SLN depende de los vientos dominantes y del tipo de sedimento, por ejemplo, en zonas arenosas ésta rara vez se pierde ya que los vientos dominantes no logran movilizar los sedimentos hacia la columna de agua; en comparación, en las zonas fangosas con poca fuerza de viento se logra movilizar el sedimento y enturbiar el agua.

Los servicios ambientales más destacados de los manglares que se desarrollan en el SLN, radican en la función que desempeñan en la estabilización de sedimentos en estos ambientes con flujos de agua tranquilos. La densidad acentuada de los manglares de franja del sistema ambiental, asegura el servicio de protección a las áreas pobladas de tierra adentro, mismas que son protegidas de la acción del oleaje provocado durante el paso de huracanes y tormentas.

El manglar opera también como refugio de numerosas especies animales, terrestres y acuáticas, migratorias o locales. Además de ser fuente de nutrientes -vía detritus- de una gran diversidad de organismos de diferente nivel trófico (llegan a constituir hasta el 75 % del alimento de varios heterótrofos). El manglar también tiene un alto valor escénico, lo que lo hace apto para la recreación y el ecoturismo de bajo impacto.

Las aguas de sus lagunas son oligotróficas, es decir, que presenta una escasa presencia de nutrientes en condiciones naturales, lo que determina una claridad del agua notable. Este sistema se encuentra sujeto a intensas presiones ambientales producto del desarrollo urbano y actividades turísticas recreativas; las principales fuentes de alteración son el incremento de nutrientes, los dragados, rellenos de zonas someras, tala de mangle y uso de embarcaciones de motor.

Sin embargo, y a pesar de estas características, el Sistema Lagunar de Nichupté en su conjunto presenta una gran claridad de aguas debido en gran parte al componente biótico, que actúa como filtro retenedor y degradador de sedimentos y material en suspensión. En este aspecto, la Laguna Nichupté se encuentra bordeada en su interior por manglares principalmente de las especies *Rhizophora mangle, Avicennia germinans y Conocarpus erectus*, y zonas pantanosas en donde abundan *Acoelorrhaphe wrightii, Cladium jamaicensis y Typha sp*. entre otras especies hidrófilas. En el borde Este, sobre la duna costera que separa la laguna del mar, la vegetación original ha sido prácticamente eliminada por la construcción de infraestructura turística.

1.2.1. VEGETACIÓN DE LAS ÁREAS INUNDABLES

El plan de manejo del Área Natural Protegida Manglares de Nichupté, menciona que la vegetación terrestre es principalmente aquella que se desarrolla en zonas inundables, formando ecosistemas como el manglar, la sabana, petenes, tulares y matorral costero. Así mismo, una pequeña porción de la zona presenta selva baja subcaducifolia.

El manglar es el tipo de vegetación que mayor importancia reviste en el Sistema Lagunar Nichupté, el programa de manejo de Manglares de Nichupté menciona tres asociaciones de manglar presentes: manglar de borde, manglar de cuenca y manglar chaparro. El manglar de borde se encuentra rodeando la totalidad de la periferia del Sistema Lagunar Nichupté, y está conformado únicamente por mangle rojo (*Rhizophora mangle*); el manglar de cuenca está presente en zonas de inundación temporal y en él se encuentran las cuatro especies de mangle de la zona: mangle rojo (*Rhizophora mangle*), mangle botoncillo (*Conocarpus erectus*), mangle negro (*Avicennia germinans*) y mangle blanco (*Laguncularia racemosa*), cada una en suelos con distintas capacidades de inundación. Finalmente, el mangle chaparro, conformado únicamente por mangle rojo (*R. mangle*) de baja altura, no más de dos metros, y que se encuentra aledaño a la vegetación de sabana.

En total la flora de esta zona natural se conforma por 225 especies de plantas vasculares, de las cuales nueve se encuentran protegidas por la Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010. Del total de las plantas registradas por número de especies, 89 corresponden plantas herbáceas, 60 a árboles, 33 a arbustivas, 22 a trepadoras o rastreras, 14 a plantas arborescentes y cinco a especies epifitas.

La familia mejor representada en la porción inundable del SLN, es la Leguminosae con 25 especies, seguida de Graminae con 15; Compositae con 12; Cyperaceae con nueve; Rubiaceae con ocho; Convolvulaceae y

Euphorbiaceae con siete cada una; Acanthaceae, Amaranthaceae, Apocynaceae, Palmae y Verbenaceae con seis; Bromeliaceae, Orchidaceae y Polygonaceae con cinco; Bygnoniaceae, Boraginaceae y Moraceae con cuatro; Cactaceae, Combretaceae, Malvaceae, Sapindaceae, Scrophulariaceae, Solanaceae, Vitaceae y Zigophyllaceae con tres; y, Aizoaceae, Capparidaceae, Celastraceae, Chenopodiaceae, Ebenaceae, Lauraceae, Nyctaginaceae, Phytolacaceae, Rhamnaceae y Rutaceae con dos; el resto de las familias registradas están representadas con solo una especie.

1.2.2. FLORA ACUÁTICA DEL SISTEMA LAGUNAR

Un componente muy importante del ambiente acuático del Sistema Lagunar de Nichupté es la extendida pradera de pastos marinos, que se distribuyen sobre el bentos lagunar en forma de manchones de pastos intercalados con áreas de sedimento desnudo. La especie dominante es el pasto tortuga (*Thalassia testudinum*), la cual llegaba a cubrir en 1983, el 90% del fondo del sistema (Jordán, et al, 1983). Sobre los pastos crecen algunas especies de algas epífitas, mientras que otras crecen de forma bentónica (Collado y González, 1995).

Los pastos marinos son monocotiledóneas que se desarrollan en las aguas someras costeras tropicales y templadas, y cumplen con varios papeles ecológicos importantes. Los géneros más importantes en el Caribe Mexicano son *Thalassia, Halodule* y *Syringodium*.

Dichos géneros no están estrechamente relacionados entre sí, y de hecho no son verdaderos pastos, más bien están emparentados con la familia del lirio. Sin embargo, todos comparten características morfológicas y anatómicas que han favorecido su adaptación al medio marino y estuarino. Entre las adaptaciones morfológicas más importantes se encuentra el crecimiento de rizomas bien desarrollados por debajo del sustrato, por lo cual los lechos donde se presentan pastos marinos son sitios de sedimentación gracias a la captura y estabilización de sedimentos. Las hojas son planas, cilíndricas, y además flexibles, con lo cual ofrecen menor resistencia a las corrientes marinas.

La complejidad de las comunidades de pastos, especialmente su efecto sobre el ambiente físico es bien conocido. Las formas de crecimiento más simple (como por ejemplo *Halodule*) son etapas tempranas de sucesión (Dawes, 1991), que permiten la estabilización del sustrato. Las formas más complejas como Thalassia, causan estratificación y permiten que las epífitas se desarrollen debido al ancho de sus hojas y a la naturaleza perenne de su crecimiento.

En general se reconocen seis funciones ecológicas de relevancia para los pastos marinos:

1. Sirven como trampa de sedimentos, estabilizándolos en el fondo y mejorando la calidad del agua.
2. Son productores primarios y muestran altas tasas de producción y fijación de carbono.
3. Los pastos marinos son una fuente alimenticia directa para muchos organismos marinos.
4. Las comunidades de pastos marinos proporcionan importantes zonas de hábitat y refugio para numerosas especies animales.
5. Los pastos marinos son importantes sustratos para la fijación de especies epífitas.
6. Los pastos marinos muestran una notable eficiencia en el reciclaje de nutrientes de las aguas marinas y sedimentos de superficie. Así, pueden ser plantas críticas en el control de la calidad de las aguas someras.

Varios factores amenazan la continuidad de estas praderas de pastos, particularmente el pasto tortuga (*Thalassia testudinum*), el pasto manatí (*Syringodium filiforme*) y Halodule wrightii, que debido a los fuertes impactos ambientales que han impactado al sistema. Se presentan crecimientos anormales de algas epífitas sobre los pastos y en el área bentónica, particularmente de algas filamentosas clorofíceas y rodofíceas como Cladophora, Acanthophora, Cladophoriopsis, Spyridia y Rhizoclonium, de manera específica en la Laguna Bojórquez (Collado-Vides y González-González, 1993), donde la escasa circulación de las masas de agua y los fuertes impactos ambientales han creado masas de algas flotantes de dichas especies que se originan en el fondo.

La distribución de las algas en el Sistema Lagunar al parecer está en dependencia del sustrato, la profundidad o bien la salinidad (Collado y González, 1995), aunque en el caso de la Laguna Bojórquez la presencia de algunas algas está directamente relacionada con la fuerte eutrofización de este cuerpo de agua.

Serviere-Zaragoza et al. (1992) y Collado y González (1995), identificaron un total de 77 especies en la totalidad del Sistema Lagunar de Nichupté en el ambiente bentónico y sobre raíces de manglar, distribuidas en las siguientes divisiones: 33 Chlorophyta, 37 Rhodophyta, 3 Phaeophyta y 3 Cyanophyta, de las especies identificadas por estos autores, 35 se identificaron en la Laguna Bojórquez.

1.2.3. Fauna acuática del Sistema Lagunar Nichupté

Dentro del Sistema Lagunar de Nichupté, confluyen diversas características que hasta hace 30 o 40 años la hacían ser un ambiente muy productivo, la presencia de extensas praderas de pastos marinos, la zona de manglares en los bordes, la entrada de agua de mar por el Río Nizuc y el canal Sigfrido, las bocas temporales de tormenta y los afluentes de agua subterránea, la hacían particularmente interesante en cuanto a diversidad faunística.

Antes de la explosión del desarrollo turístico, dentro de la laguna Nichupté era posible encontrar con frecuencia manatíes, tortugas marinas, tiburones y otros organismos que ahora difícilmente se observan. Sin embargo, aún existe una gran diversidad de organismos tanto terrestres como acuáticos que hacen de la zona un lugar de importancia ecológica que requiere ser mantenida.

La comparación entre la diversidad y abundancia de organismos marinos en praderas de *Thalassia testudinum* y zonas contiguas revela su importancia en las lagunas costeras (López Rivas, 1994), debido a que en estas zonas del Caribe habitan, se alimentan y reproducen una gran variedad de invertebrados y otros organismos que intervienen en la formación de arrecifes y lagunas costeras.

Zooplancton. De acuerdo con CINVESTAV (1992), la densidad planctónica es homogénea en la Laguna Bojórquez y en la zona sur de la Laguna Nichupté. La mayor densidad de zooplancton estuvo dominada principalmente por copépodos (43.4%), zoeas de decápodos, así como por huevos y larvas de peces, grupos en quienes recae la producción planctónica.

Otros grupos identificados fueron los quetognatos, sergéstidos, ostrácodos, medusas y gasterópodos. En particular se reporta una abundancia de la medusa del género *Cassiopea spp*, la cual permanece en posición ventral sobre el fondo (Collado-Vides y González-González, 1995; Collado y González, 1992; Merino et al, 1992).

Ictioplánctón. Durante los monitoreos realizados por CINVESTAV en 1992, se describe que las mayores densidades de huevos y larvas de peces se localizan dentro de la Laguna de Bojórquez, con medias de 6.14 huevos/10 m^2 y 11.01 larvas/10 m^2 respectivamente, contra 0.45 huevos/10 m^2 y 7.34 larvas/10 m^2 en la Laguna Nichupté.

Las mayores densidades de huevos y larvas de peces pertenecieron a la especie *Menidia berillina* (Fam. Atherinidae), y en menor proporción a las larvas de las familias Gobiidae y Engraulidae, además de otras

familias de peces no identificadas. Las larvas existentes pueden ser de las familias Sygnatidae (peces trompeta y caballitos de mar) y Gerridae (mojarras).

Zoobentos. Durante los muestreos realizados por CINVESTAV (1992), se observa que la Laguna Bojórquez presenta la mayor diversidad biológica en el Zoobentos, en comparación con la Laguna Nichupté en su región cercana al lote 18-A. Los poliquetos más comunes corresponden a larvas del género *Hermodice* o gusano de fuego, gusanos anillados habitantes del arrecife coralino y cuya fase adulta se alimenta exclusivamente de pólipos de coral, particularmente del género *Acropora*. De la misma forma, entre los holotúridos se encuentran las fases juveniles de diversas especies de ofiúridos y estrellas de mar, las cuales no alcanzan los 3 cm de diámetro total.

En particular los moluscos han sido un grupo bien estudiado dentro de la Laguna Bojórquez. Alvarez-Saulés (1993), quien identificó un total de 74 especies de moluscos, pertenecientes a las clases Gastropoda y Bivalvia. Las especies que presentaron una mayor abundancia fueron: *Tricolia affinis beaui, Assiminea sp., Caecum nitidum, Modulus carchedonius, Cerithium eburneum algicola, Diastoma varium, Mitrella profundi, Marginella rooselvelti y Brachidontes exustus*.

En dicho estudio, se indica que la abundancia de moluscos ha reducido su número de 1990 a 1991, y supone que se puede deber a la tasa excesiva de depósito y re suspensión de sedimentos causada por las acciones humanas (Alvarez-Saulés, 1993) como lo son el dragado y el continuo paso de embarcaciones motorizadas que alteran el bentos y provocan la sustitución de pastos marinos por algas.

Collado-Vides *et a*l. (1994) recalcan la presencia de gran cantidad de medusas del género Cassiopea en posición invertida sobre el sustrato, señalándolas como un factor indicador del estado eutrófico que guarda la Laguna Bojórquez. La presencia de esta especie fue confirmada durante la realización de los muestreos de campo para este estudio.

1.2.4. CARACTERIZACIÓN DE LA MACROFAUNA

Según el Programa de Manejo del Área Natural Protegida Manglares de Nichupté, en el Sistema Lagunar Nichupté se han registrado al menos 78 especies de peces, 10 de anfibios, 14 de reptiles, 44 de aves, 20 de mamíferos y solo 5 de invertebrados. De estas especies 31 se encuentran enlistadas en la Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010.

En el caso de los peces, existe una predominancia de especies marinas, que una parte o la totalidad de su ciclo de vida la realizan en los diversos ambientes acuáticos que existen en el SLN; muchas de ellas tienen importancia comercial.

En el caso de la herpetofauna, la mayoría de las especies se distribuyen en los márgenes del cuerpo de agua o asociadas a las zonas de salida de agua dulce que brotan en la zona de manglar. Dentro del espejo de agua no se registró ningún anfibio, debido a que este grupo de organismos no tienen la capacidad de habitar en zonas salobres o saladas. En el caso de los reptiles, los que se registran de manera consistente en el espejo de agua del SLN son los *Crocodilia,* aunque existe información de que ocasionalmente se observan individuos de tortuga blanca *(Chelonia mydas).* La tortuga gravada *(Trachemys scripta)* sólo se registró en la zona de sabana y es poco probable que habite en las zonas salobres y salinas del SLN.

Dentro de estas especies se registran con estatus de protección de acuerdo a la Norma Oficial Mexicana Nom-059-Semarnat-2010, Protección ambiental-Especies nativas de México de flora y fauna silvestres-Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio-Lista de especies en riesgo, las siguientes: sapo excavador mexicano *(Rhinophrynus dorsalis)* considerado en protección especial; boa constrictora *(Boa constrictor),* iguana espinosa rayada *(Ctenosaura similis),* culebra perico verde *(Leptophis ahaetulla)*, culebra perico gargantilla o culebra perico mexicana *(Leptophis mexicanus)*, culebra listonada *(Thamnophis proximus),* tortuga de monte mojina (*Rhinoclemmys areolata)* y tortuga gravada *(Trachemys scripta),* especies consideradas como amenazadas; cocodrilo de pantano *(Crocodylus moreletii),* cocodrilo de río *(Crocodylus acutus),* tortuga pecho quebrado escorpión *(Kinosternon scorpioides*), especies consideradas bajo protección especial; y, tortuga marina verde del Atlántico o tortuga blanca *(Chelonia mydas),* considerada en peligro de extinción.

La ornitofauna asociada al SLN habita en las comunidades vegetales que bordean el espejo de agua, siendo las aves acuáticas las que se observan preferentemente en las zonas de escaso tirante de agua o en la vegetación de manglar que rodea el espejo lagunar. En esta área de protección de flora y fauna, se ha registrado un total de 199 especies de aves, entre residentes, migratorias, ocasionales o transeúntes.

Entre las especies reportadas se registraron con estatus de protección las siguientes: el loro yucateco o T'uut *(Amazona xantholora),* el avetoro norteño *(Botaurus lentiginosus)* y el rascón picudo *(Rallus longirostris),* en la categoría de amenazadas; mientras que el perico pecho sucio *(Aratinga nana),* la garza pachicastaña *(Agamia agami),* la garza colorada *(Egretta rufescens),* la garza tigre *(Tigrisoma mexicanum),* la cigüeña americana *(Mycteria americana)* y el víreo manglero *(Vireo pallens),* son sujetas a protección especial.

La mastofauna del SLN se restringe a las zonas con vegetación que bordean su espejo de agua, mientras que los tlacuaches y los mapaches habitan lugares donde existen construcciones. Entre las especies reportadas se registran con estatus de protección las siguientes: el oso hormiguero *(Tamandua mexicana),* en peligro de extinción; el puerco espín tropical *(Coendou mexicanus)* y el jaguarundi *(Herpailurus yagouaroundi),* en la categoría de amenazadas.

2.- CARACTERIZACIÓN ABIÓTICA DEL SISTEMA AMBIENTAL

Con objeto de contar con un marco de referencia ambiental para la zona objeto del presente estudio, se requiere revisar información actualizada del medio físico natural de la región, que permita un análisis del entorno ambiental de las biocenosis que allí se desarrollan, su ecología y estado actual de conservación.

La descripción del medio ambiente físico (elementos abióticos y factores ambientales) de una zona en estudio, resulta indispensable para comprender la estructura y dinámica de los ecosistemas que ahí se desarrollan, así como las comunidades y poblaciones de plantas y animales que los habitan.

Por esta razón, se presenta a continuación el marco ambiental del Sistema Ambiental definido para el proyecto, lo cual permite perfilar una caracterización ambiental completa del entorno.

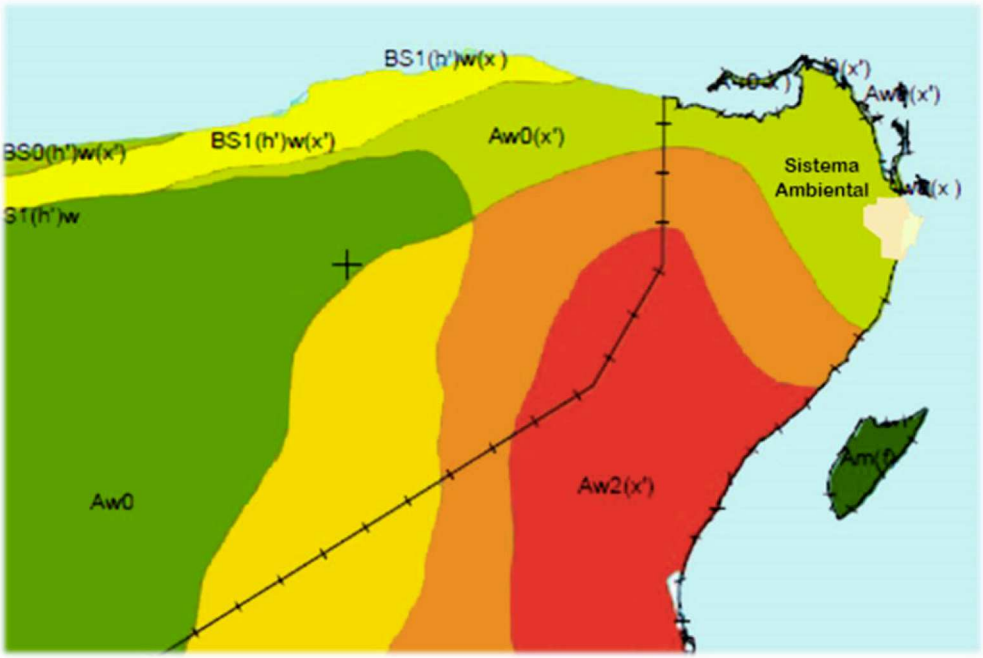
2.1. CLIMA

Según el sistema de Köppen modificado por García (1973), el clima de la Península de Yucatán se clasifica como tropical cálido subhúmedo, con lluvias en verano en casi toda su extensión (Flores y Espejel, 1994). En este tipo de clima existen franjas con algunas variantes bien marcadas, como son la escasez o abundancia de lluvias y diferencias de temperatura, que han permitido regionalizar el clima en subtipos, acordes a las variantes que se presentan.

La Península de Yucatán se encuentra dividida en tres subtipos del clima tropical cálido subhúmedo, los cuales son, Aw0, Aw1 y Aw2. La temperatura media anual del estado de Quintana Roo es de 26°C, la temperatura máxima promedio es de 33°C y se presenta en los meses de abril a agosto, la temperatura mínima promedio es de 17°C durante el mes de enero (INEGI, 2009). Esto debido principalmente a su relieve, su localización con respecto al Ecuador y a la humedad proveniente del Mar Caribe.

De acuerdo a la ubicación geográfica del Sistema Ambiental definido, le pertenece la franja de clima denominado Aw0 (x'), con un subtipo Ax'(wo)iw'', que significa un régimen de lluvias todo el año con mayor abundancia en verano y corresponde a los más húmedos de los cálidos subhúmedos.

La temperatura media anual es de 27°C. Julio y Agosto son los meses más calurosos con promedio de 29°C, mientras que enero con 24.5°C es el mes más frío. La precipitación media anual en la zona de estudio se ha observado entre 1,200 y 1,500 mm anuales.



Distribución de los tipos de clima en la zona del Sistema Ambiental estudiado donde predomina el clima cálido subhúmedo denominado Aw0 (x'), con un subtipo Ax'(wo)iw'', que significa un régimen de lluvias todo el año.

Las precipitaciones más abundantes son entre junio y octubre (verano); de manera particular se registran precipitaciones extraordinarias con la presencia de meteoros como huracanes y tormentas tropicales; otra particularidad es el hecho de que las lluvias suelen ser muy intensas y de corta duración. Existe un índice de evapotranspiración total real de entre 1000 a 1100 mm anuales; por lo que el agua proveniente de la precipitación se pierde casi en su totalidad dando lugar a un posible déficit de recarga.

El clima sin embargo está tendiendo a cambiar por efecto del Cambio Climático Global; se prevé que para 2020 el clima pueda ser distinto al actual. Según el Observatorio del Cambio Climático de Yucatán, algunos de los modelos de predicción de cambio climático indican un aumento en la temperatura, descenso en la humedad y cambios en el régimen de lluvias.

2.1.1. Temperatura

La temperatura de la ciudad de Cancún y en general en toda la Península de Yucatán no sufre grandes diferencias durante el año, con valores altos durante prácticamente todo el año. Esto se debe principalmente al efecto que tienen las corrientes marítimas cálidas provenientes de la Corriente Ecuatorial Norte y que poco

a poco se va ramificando hasta formar la corriente del Canal de Yucatán y la del Golfo. Estas corrientes almacenan gran cantidad de calor, generando los gradientes de temperatura que se tienen en la Península.

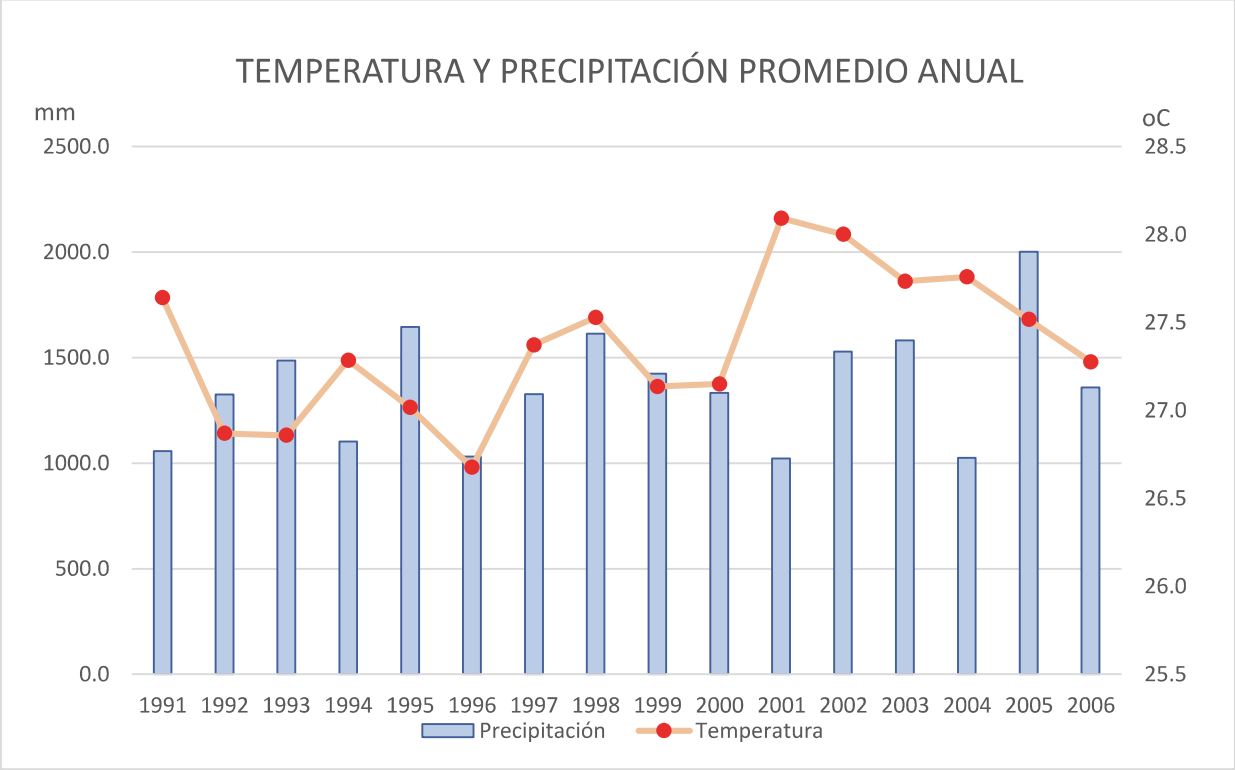
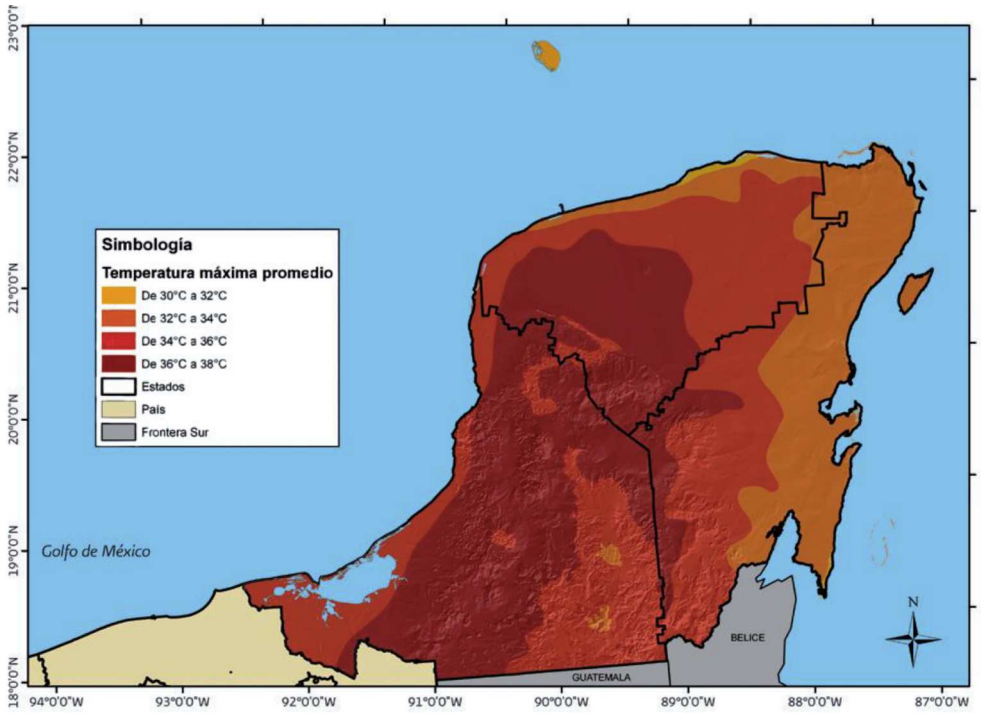


Gráfico de la temperatura y precipitaciones promedio anuales para los últimos 16 años, a partir de información de la Comisión Nacional del Agua. De acuerdo a este gráfico y debido a su ubicación geográfica, el predio estudiado se localiza en la zona en que las precipitaciones tienen valores por arriba de los 1,000 mm de precipitación pluvial, lo que la clasifica como un clima tipo cálido subhúmedo AW2 (X¹).

En la Península de Yucatán los gradientes de temperatura son muy claros, siendo la zona Oriental la más fresca, y la Occidental la más cálida. Esto debido a que los vientos dominantes provenientes del sureste van amainando durante su travesía sobre la Península, perdiendo su refrescante humedad mientras más se adentra en ella.

En Cancún, la temperatura oscila entre los 24 y los 30 grados Celsius en el año. De acuerdo a los datos obtenidos durante los últimos 18 años por la Comisión Nacional del Agua (CNA), la temperatura media anual es de 26.9 °C con una oscilación térmica anual de 4.8 °C.



Carta de temperaturas predominantes en la Península de Yucatán, la cual presenta generalmente temperaturas altas, que en la porción occidental de la península se incrementan significativamente (Fuente: CONABIO 2009). La zona del Sistema Ambiental ronda los 25 oC a 30 oC en promedio anual.

Los meses más cálidos son de abril a octubre; en verano la temperatura máxima puede llegar a alcanzar los 39 °C y la mínima 22 °C, mientras que los meses menos cálidos son de noviembre a marzo.

En el invierno la temperatura máxima es de 33 °C y la mínima de 24 °C, en promedio, aunque durante el mes de enero se ha llegado a registrar hasta 13 °C. Registros de la estación de Puerto Morelos, indican que el mes más frio corresponde a enero con 24.5 °C y los meses más calientes son Julio y agosto con 29 °C.

La oscilación térmica anual la cual se refiere a la diferencia en temperatura entre el mes más frio y el mes más caliente es de 4.5 °C. Las temperaturas límites registradas históricamente en la zona, son las siguientes: Mínima: 9.5 °C registrada en marzo de 1996; Máxima 39.5 °C registrada en agosto de 1998 (Atlas Municipal, 2002).

Humedad relativa y absoluta De conformidad con la tabla de Normales Climatológicas para la Estación de Puerto Morelos se observa que el mes de mayo presenta la mayor evaporación con 183.3 mm y diciembre el

que presenta una menor evaporación con 100.9 mm, a continuación, se presenta el cuadro anual para un periodo de 10 años.

VALORES MENSUAL Y ANUAL EN mm PARA LOS REGISTROS OBTENIDOS DE EVAPORACIÓN POR LA ESTACIÓN CLIMATOLÓGICA DE PUERTO MORELOS, Q. ROO.

ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
117.2	120.2	120.3	168.0	183.3	168.8	153.1	151.8	126.6	120.0	106.9	100.9	1,672

FUENTE: NORMALES CLIMATOLÓGICAS. ESTACIÓN PUERTO MORELOS, Q. ROO; SERVICIO METEOROLÓGICO NACIONAL.

A pesar de lo anterior, los datos de evaporación y precipitación pluvial pueden presentar amplias variaciones como resultado de que esta región costera se ubica en el corredor de trayectorias de tormentas tropicales y huracanes originados en el Atlántico y en el Caribe. Estos fenómenos tienen una incidencia estacional entre junio y noviembre, por lo que esta zona se encuentra expuesta al impacto o afectación de al menos 10 huracanes en promedio por temporada, de los cuales 2 o 3 llegan a producir afectaciones de diversa magnitud.

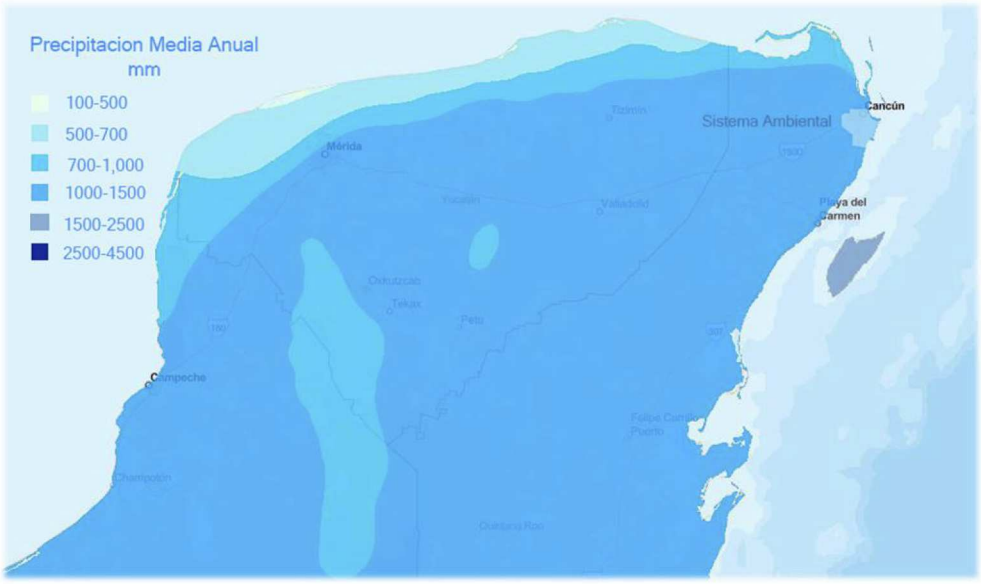
2.1.2. PRECIPITACIONES

La península de Yucatán está regida por patrones de circulación atmosférica propios de las zonas tropicales en el límite con las zonas áridas. La singularidad que tiene la región es la ausencia de orografía, lo cual no permite que se presente el efecto del ascenso orográfico de las nubes que descargan lluvia, como en otras regiones del país; el componente principal es el de lluvia convectiva.

La Península tiene una influencia muy importante de la celda anticiclónica atlántica Bermuda Azores. Ésta es una determinante muy importante de las altas presiones y el consecuente predominio de despejados que existe en la arista noroeste peninsular, el que es árido. Durante la mitad caliente del año, el anticiclón se desplaza hacia el Norte, lo que permite que puedan penetrar los vientos del Este o alisios con suficiente fuerza y humedad, proveyendo a la región de lluvia de forma diferencial en un gradiente de Noroeste a Sur.

Dentro del sistema de circulación de la celda atlántica, además, se forma a lo largo del verano un considerable número de ondas tropicales, que atraviesan de Este a Oeste la región y agudizan las lluvias estivales, dejando por lo regular mal tiempo durante uno a dos días.

La precipitación anual registrada para la región es de 1,318.76 mm de acuerdo a datos obtenidos durante un periodo de 16 años (1991 a 2006) por la Comisión Nacional del Agua; el 80 % de la precipitación ocurre durante la época de lluvias que abarca de mayo a octubre, mientras que el remanente se registra en el resto del año. En el mes de septiembre se han registrado las máximas precipitaciones, alcanzándose los 540.4 mm, la precipitación mínima registrada fue de 5.5 mm, en el mes de febrero.



La precipitación anual registrada para la zona del Sistema Ambiental es de 1,318.76 mm de acuerdo a datos obtenidos durante un periodo de 16 años (1991 a 2006) por la Comisión Nacional del Agua.

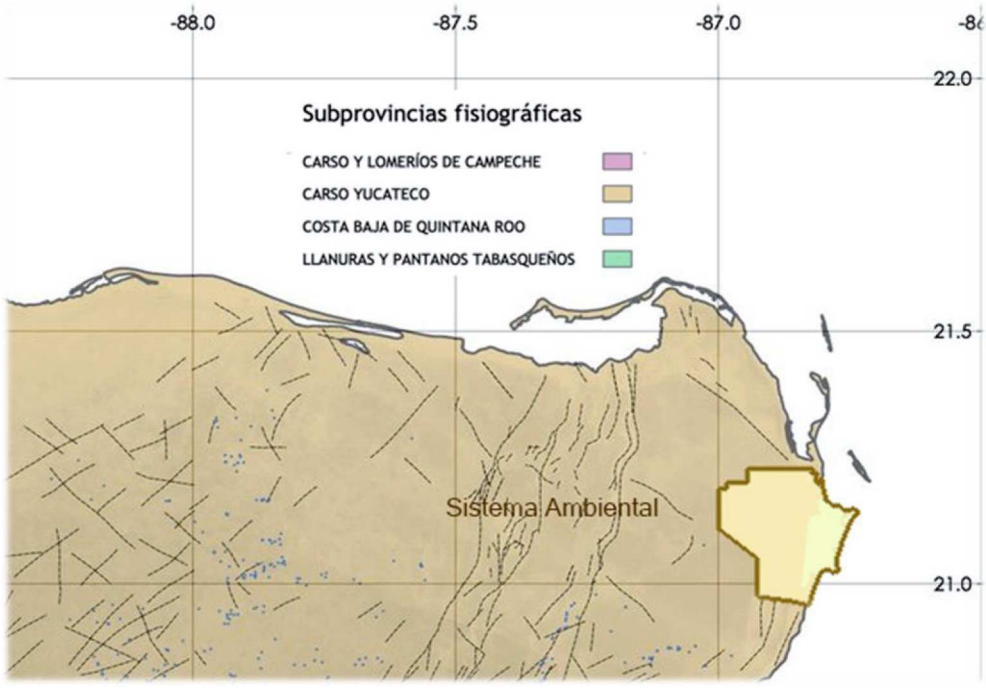
Durante el verano y como consecuencia del sobrecalentamiento del océano, se forman las tormentas tropicales que pueden dan lugar a los huracanes en cualquiera de las categorías que alcancen eventualmente. Las zonas de génesis de los huracanes que afectan a la Península provienen del mar de las Antillas (Caribe Oriental) o del Atlántico oriental, frente a las costas occidentales de África (Cabo Verde).

El aporte de lluvia por estos fenómenos puede llegar a ser importante, aunque no necesariamente es muy abundante y generalmente se asocia con el mes de septiembre, el mes de máxima frecuencia. Desde finales del otoño y hasta el inicio de la temporada de lluvia del siguiente año, la Península es recorrida por los frentes fríos, los que sí están saturados de humedad, se denominan “nortes” y éstos depositan lluvia; si no son húmedos, sólo abaten la temperatura dejando días frescos.

2.2. GEOMORFOLOGÍA

Todo análisis fisiográfico tiene como objetivo fundamental reconocer y delimitar las diferentes formas de tierra, así como los rasgos generales del modelado de la zona. La información fisiográfica suministra apoyo a otras disciplinas como son a la edafología, por la estrecha relación que existe entre el suelo y la fisiografía; al ecólogo proporcionándole elementos de juicio sobre las características físicas de las distintas zonas de vida; al forestal por la correlación existente entre las formas de tierras y el tipo de bosque, al hidrólogo para definir patrones de drenaje; etc.

El Sistema Ambiental definido se localiza en la zona geográfica del trópico húmedo y forma parte de la subprovincia ecológica del Carst o Carso Yucateco, que se define como una planicie ligeramente ondulada sobre una losa calcárea. Su topografía cárstica se distingue por una amplia red de oquedades y depresiones como cuevas y cenotes.



En la imagen se muestra la vinculación del Sistema Ambiental definido para el análisis, con la carta de provincias fisiográficas, mostrando que el Sistema Ambiental se encuentra en su totalidad caracterizado como "Carso Yucateco".

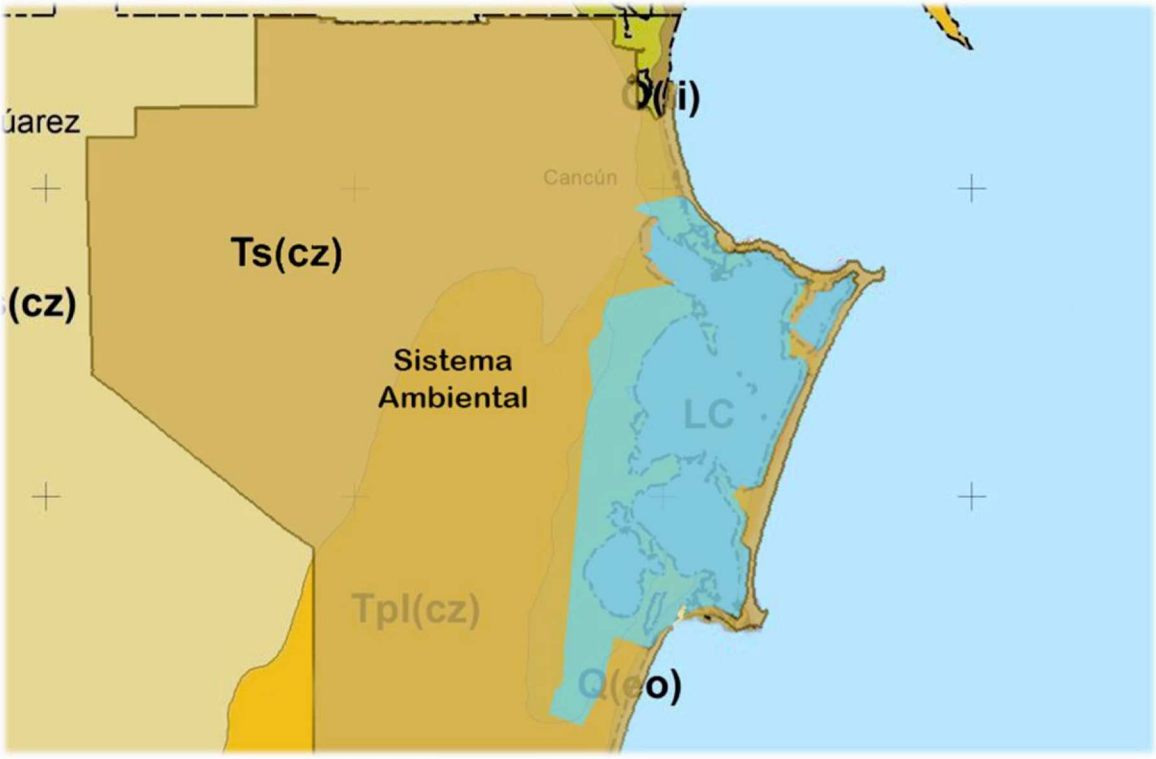
La geomorfología de la península de Yucatán, se basa en la morfología superficial y la altura sobre el nivel del mar. Los criterios aplicados tienen relación con las edades relativas del relieve, es decir, las porciones más bajas y planas son las más jóvenes, mientras que las más antiguas corresponden a las más elevadas y de mayor contraste en altitud. Las formas cársticas varían de una zona a otra, estando presentes en toda la península.

La Península de Yucatán pertenece geológicamente a América del Norte, forma parte de la llamada "Llanura Costera del Atlántico Norte" junto con la planicie costera del Golfo de México. Es una amplia losa calcárea formada por sedimentos marinos del Terciario, constituidos por calizas, dolomitas y otros materiales calcáreos arcillosos.

Su origen se atribuye a levantamientos epirogénicos sucesivos que iniciaron desde el Cenozoico superior, y en la actualidad hay de nuevo emersión del Noreste- Este. Los rasgos geomorfológicos de la Península de Yucatán están determinados por la naturaleza cárstica y permeable del sustrato. La acción erosiva tanto horizontal como vertical del agua en sustratos calcáreos produce conductos de disolución de diferentes tamaños, por los que fluye el agua a manera de ríos subterráneos.

En la zona donde se encuentra la ciudad de Cancún, se extiende la llamada planicie de acumulación marina, que en algunas zonas llega a interdigitarse con la planicie estructural casi horizontal, marginal a la costa, la cual tiene una altitud de hasta 10 m. El relieve cárstico tiene un desarrollo amplio, representado sobre todo por cenotes, rejolladas y aguadas. De acuerdo con Raisz (1959), el Estado de Quintana Roo pertenece a la provincia fisiográfica de Yucatán, la cual a su vez se divide en tres subprovincias, nombradas: "Llanuras con Dolinas", "Plataforma de Yucatán" y "Costa Baja".

Las unidades litológicas superficiales en el Sistema Ambiental delimitado, están compuestas por rocas sedimentarias originadas desde el Terciario Superior (TS) hasta el Cuaternario (Q). Esta zona está compuesta en su totalidad por rocas de tipo Caliza (cz), Litoral (li) y Lacustre (la) originadas en el periodo cuaternario (Q) y Terciario Pleistoceno (Tpl); esta clasificación se refiere al tipo de depósito que se puede observar en superficie. En las inmediaciones del predio, se registran depósitos del Cuaternario lacustre, con suelos compuestos por gleysoles (Ak'alché en la clasificación maya), generalmente de 0 a 20 cm de espesor, formados por materiales no consolidados que muestran propiedades hidromórficas. A pesar de lo anterior, se debe recordar que se trata de un terreno rellenado, por lo que en su superficie el sustrato corresponde a cascajo producido en construcciones.



Plano de los principales rasgos geomorfológicos identificados para el Sistema Ambiental establecido. Se presentan rocas sedimentarias del Terciario Superior (TS) hasta el Cuaternario (Q). Esta zona está compuesta en su totalidad por rocas de tipo Caliza (cz), Litoral (li) y Lacustre (la) originadas en el periodo cuaternario (Q) y Terciario Pleistoceno (Tpl).

Esta subprovincia se distingue por su topografía cárstica, la cual presenta desde oquedades minúsculas hasta grandes depresiones (localmente denominadas cenotes), y en algunas de las cuales aflora a la superficie freática. Casi en toda su extensión carece de sistema de drenaje superficial, y tan sólo en algunas áreas se ha formado una red hidrográfica desintegrada y mal definida; otras áreas son inundables, localizándose la más extensa de ellas en la porción Norte del Estado.

2.3. EDAFOLOGÍA

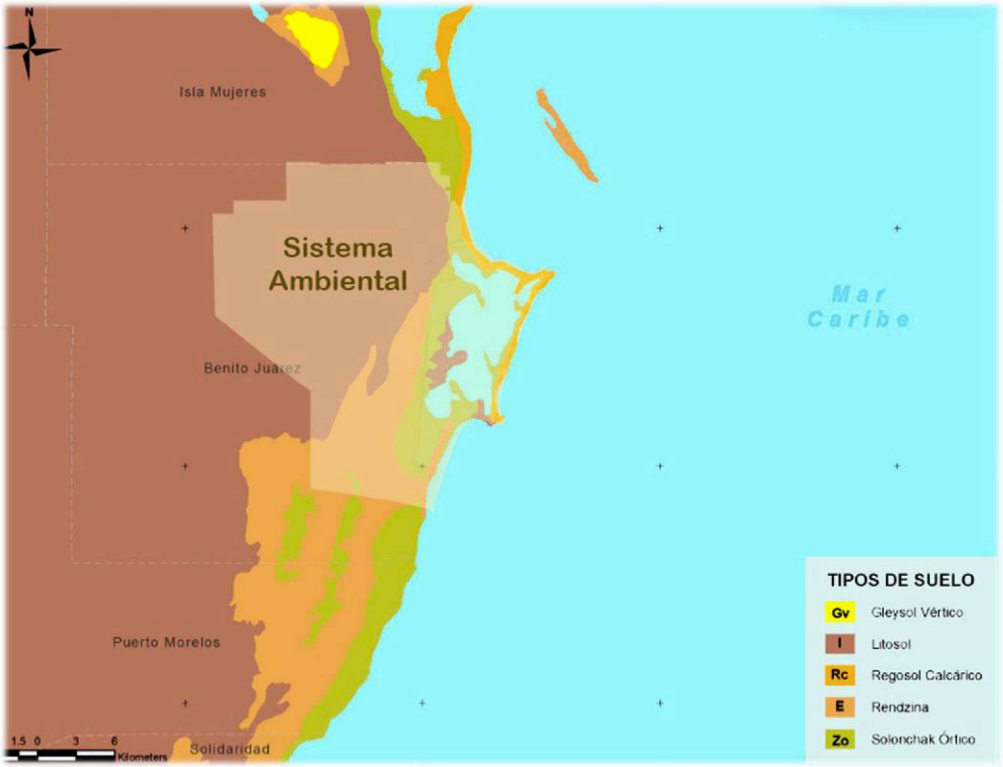
Debido a que en términos geológicos la Península de Yucatán es de reciente formación, los suelos que presenta no han tenido el tiempo suficiente para alcanzar su madurez. Por lo anterior, no se han desarrollado suelos profundos o formalmente constituidos (en su mayor parte carecen de horizonte “B”). En la mayor parte de la superficie de la península de Yucatán, los suelos se han formado directamente a partir de la roca original

de carbonatos de calcio (calizas); la alteración de estas rocas por la vegetación, lluvia y alta irradiación solar, ha producido suelos con alto contenido de materiales calcáreos.

Es por esto que las características edafológicas corresponden a suelos jóvenes, en estado transitorio y en proceso de evolución. En general los suelos del estado son poco profundos, poco evolucionados y muy alterados, por ello su fertilidad es baja, sus texturas son arcillosas y con drenaje deficiente.

La formación del suelo es lenta, por la gran solubilidad de la roca calcárea, y en consecuencia los materiales son fácil y rápidamente arrastrados por el agua percolante, que deja pocos elementos para el desarrollo del mismo.

De acuerdo con la CONABIO (2012), en el Sistema Ambiental delimitado, se presentan cuatro tipos de suelo, el Litosol, Rendzina, Solonchak Órtico, Regosol, siendo los suelos tipo Solonchak los dominantes. Son suelos poco profundos, conformados por unidades de gleysol, litosoles y rendzinas, que subyacen al afloramiento rocoso, por lo cual son fácilmente degradables y poco aptos para la agricultura intensiva. Alrededor de la costa existen médanos y cordones coralinos con regosoles calcáreos respaldados por una zona estrecha de terreno pantanoso con gleysoles eutróficos.



Distribución de los tipos de suelo en el Sistema Ambiental establecido.

Solonchak. Suelo derivado de materiales con propiedades flúvicas. Durante parte del año contiene alta salinidad en los primeros 30cm de profundidad. Puede presentar los siguientes horizontes: A, hístico, B cámbico, un cálcico o gypsico. Una característica es que tienen poca susceptibilidad a la erosión.

Regosol. Suelo sin horizontes de diagnóstico. En ocasiones desarrolla un horizonte ócrico incipiente. En general son de tono claro. Se encuentran en las playas, dunas, su fertilidad es variable, y su uso agrícola está condicionado principalmente a su profundidad y a la pedregosidad que presenten. En este tipo de suelo se pueden desarrollar diferentes tipos de vegetación.

Gleysoles. La unidad edáfica denominada como gleysoles (Ak'alché en la clasificación maya), generalmente de 0 a 20 cm de espesor, se caracteriza por estar formados por materiales no consolidados que muestran propiedades hidromórficas. Con horizonte A místico y B cámbrico, de naturaleza cálcica a gypsica, que puede presentar salinidades altas.

A pesar de que en la península la roca es muy permeable y el agua de lluvia rápidamente permea el suelo, existen zonas bajas y depresiones en las cuales el fondo se sella debido a la cementación que producen acumulaciones de finas partículas arcillosas, dando como resultado las "rejolladas" que son cuerpos de agua que permanecen temporal o permanentemente inundados. Este tipo de fondos están constituidos por gleysoles calcáricos, muy ricos en materia orgánica (húmicos y eutróficos).

Estos suelos por lo general se conforman por mezclas de arenas, lodos calcáreos y materia orgánica. Las diferentes combinaciones de estos materiales condicionan las características edáficas y el potencial de estos suelos. En el predio bajo estudio, se registran dos unidades de suelo de este tipo: el gleysol calcáreo y el gleysol húmico.

Esta zona conformada por gleysoles, se caracteriza por inundarse durante la temporada de lluvias o incluso un periodo de tiempo mayor, ya que la temporada que va de junio a noviembre se puede extender hasta el mes de febrero, que es el caso del presente año, con lo cual se extiende por mucho la duración del hidroperiodo en el humedal.

Litosoles. Se trata de suelos sin horizontes de diagnóstico, limitado para un estrato duro, continuo y coherente, de poco espesor, menor a los 10cm, tiene características muy variables, pues pueden ser fértiles o infértiles, arenosos o arcillosos, su susceptibilidad a la erosión depende de la zona en donde se encuentren, de la topografía y del mismo suelo.

Rendzina. Suelo con horizonte "A" mólico que sobreyace directamente a un material calcáreo, con un contenido de carbonato de calcio mayor del 40%. Presenta menos de 50 cm de espesor. Se caracterizan por ser de color negro, ligeramente ácidos, poco profundos con altos contenidos de arcilla, y abundante humus sobre la capa superficial, con alta susceptibilidad a la erosión.

2.4. HIDROLOGÍA

La hidrología de la Península de Yucatán está determinada por sus características geomorfológicas. Ya que prácticamente es una losa plana, con escaso relieve y conformada por rocas de alta permeabilidad. No existen corrientes superficiales permanentes, salvo el Río Hondo, ubicado en la base de la Península donde se tiene diferente origen geológico, que sirve de límite fronterizo entre México y Belice.

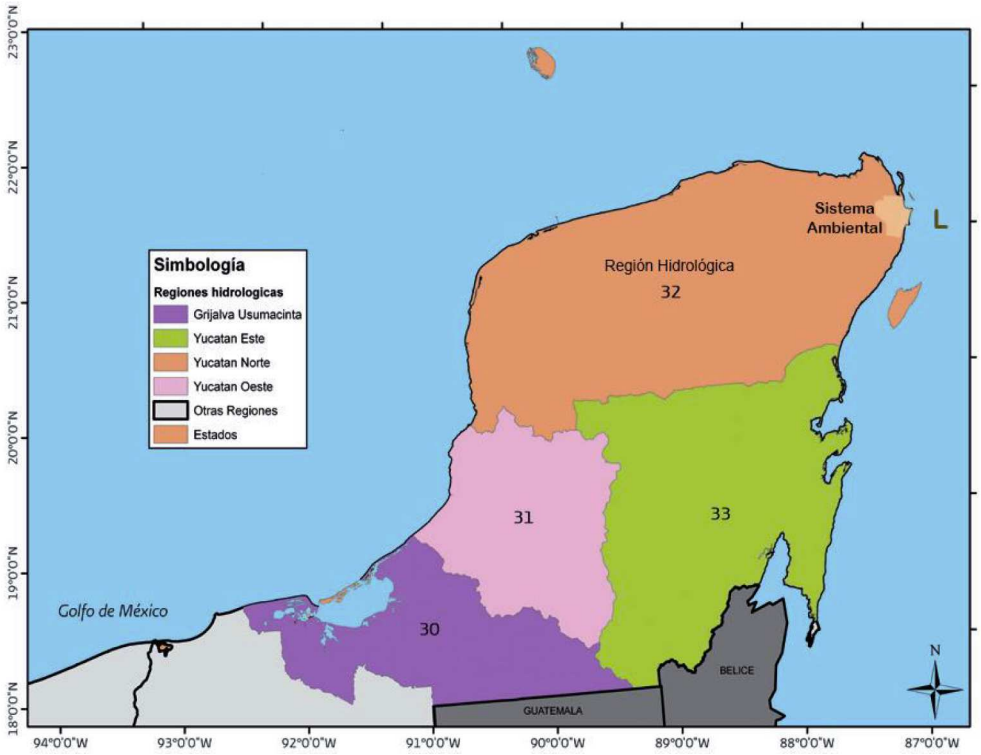
El agua pluvial se infiltra rápidamente y forma escorrentías subterráneas que fluyen hacia el mar, lo que genera cavernas y cenotes que en ocasiones afloran a la superficie. De acuerdo con el Instituto de Geografía de la UNAM (1980), "El drenaje subterráneo de la Península de Yucatán forma una "Y" a partir de la zona alta de la meseta de Zohlaguna, dirigiéndose uno de los ramales al Norte hacia la zona de Río Lagartos, mientras que el otro lo hace hacia el Noreste de la península para descargar sus aguas al mar por debajo del nivel del litoral".

La principal corriente superficial en el estado es el río Hondo (que nace en Guatemala como Río Azul), con una longitud de 125 km, orientado de Oriente a Suroeste. Este constituye el límite entre México y Belice, y desemboca en el Mar Caribe en la Bahía de Chetumal.

El Sistema Ambiental delimitado forma parte de la región hidrológica 32 denominada Yucatán Norte. Debido al relieve y a la ausencia de escurrimientos superficiales no se delimitan cuencas y subcuencas, constituyendo la planicie una unidad cubierta por vegetación y con elevada evaporación que favorece la infiltración y la evapotranspiración de una gran cantidad de agua de lluvia.

Gran parte de la precipitación pluvial se infiltra al subsuelo a través de fracturas, oquedades y conductos cársticos en las calizas y evaporitas; posteriormente, es extraída mediante la evapotranspiración y el resto fluye por el subsuelo alcanzando las costas por donde es descargada al mar. La dirección del flujo regional se da entonces desde las porciones internas de la península en sentido radial hacia las planicies, aflora en las lagunas y áreas de inundación y escapa subterráneamente hacia el mar en las zonas costeras. En las planicies internas de la península se dispersa hacia el Norte y Noroeste y, a partir de la zona de Xcan-Leona Vicario

(zona de máxima precipitación pluvial del Noreste de la península), se extiende en forma radial hacia las costas, desfogando a la zona marina a lo largo del litoral.



Carta hidrológica de la república mexicana, mostrando las regiones hidrológicas determinadas por la CONAGUA, para el sureste de la república mexicana. En la Península de Yucatán, el municipio de Benito Juárez (Cancún) se localiza en la RH No. 32 (en color marrón claro se denota el Sistema Ambiental).

Con respecto a la hidrogeología de la porción costera del norte de Quintana Roo, Moore, *et al*. (1992), indican que existen dos tipos principales de sistemas de flujo en el acuífero costero, los cuales presentan gradaciones entre ellos: un sistema en medios granulares el cual está integrado por las rocas del Cuaternario (Pleistoceno-Holoceno) y un sistema en fracturas y cavidades cársticas en los materiales del Terciario (Pre-pleistoceno-Felipe Carrillo Puerto).

La columna de agua freática se divide en tres cuerpos: Una lente de agua dulce, resultado de la infiltración del agua de lluvia y del flujo proveniente de tierra adentro, el cual descansa sobre una masa de agua salobre que se sobrepone a un estrato de agua de mar, producto de la intrusión costera.

El agua dulce tiene menos del 5 % de la salinidad y se separa por medio de una haloclina bien definida, del agua marina con salinidades de 95 % de agua de mar.

En la zona no existen corrientes superficiales debido a la alta permeabilidad de las rocas calizas, que facilita la infiltración del agua del subsuelo generando la presencia de cenotes y dolinas. Las dolinas de disolución se producen cuando se colapsa la parte superior de un río subterráneo creando una cavidad que alcanza la superficie; estas pueden ser de distintos tamaños, conociéndose localmente como cenotes.

La recarga de acuíferos ocurre a partir de las intensas lluvias en la región poniente de la península, a través de los volúmenes infiltrados a través del suelo poroso, dando lugar a los flujos subterráneos, mismos que se convierten en descargas hacia el mar. En la porción oriental de la península, el flujo de agua subterráneo se encuentra a poca profundidad, aflorando ocasionalmente en cenotes y lagunas intermitentes, así como ojos de agua costeros y marinos.

A lo largo del tiempo, estas características originales han sido modificadas por fracturamientos, disolución y abrasión, dando lugar a la porosidad y permeabilidad secundarias que varían dentro de un amplio rango de valores altos. Se trata de un acuífero de tipo libre o freático, con marcada heterogeneidad respecto a sus características hidráulicas. En la llanura el acuífero presenta un notable desarrollo cárstico, al que se debe su gran permeabilidad secundaria.

2.5. SISTEMAS HIDROMETEOROLÓGICOS

En el Estado los vientos dominantes son los denominados “alisios” que presentan una dirección constante hacia el Este, durante los meses de febrero a julio. A esta temporada le sigue un periodo de transición entre julio y septiembre, en los que se presenta una alta variabilidad en la dirección de los vientos, que oscila entre el Sureste y el Norte, con velocidades variables, lo cual determina en buena medida si se trata de vientos cálidos y húmedos.

La velocidad media anual del viento registrada entre 1982 y 1983 fue de 5 m/s, con un máximo de 20 m/s que equivale a 72 km/h (Merino y Otero, 1991). Otros meteoros que afectan la costa oriental de la península de Yucatán son las tormentas tropicales, los “nortes” y los “surestes”. Las tormentas tropicales se presentan en verano y otoño, representando una categoría previa a la clasificación de huracán, se caracterizan por presentar vientos inferiores a los 120 km/hr.

Los nortes, que hacen su aparición de noviembre a marzo, son masas de aire polar con velocidades altas que hacen descender de manera drástica la temperatura y la humedad del aire, provocando fuertes precipitaciones; generalmente van acompañadas por rachas de vientos de hasta 100 km/hr.

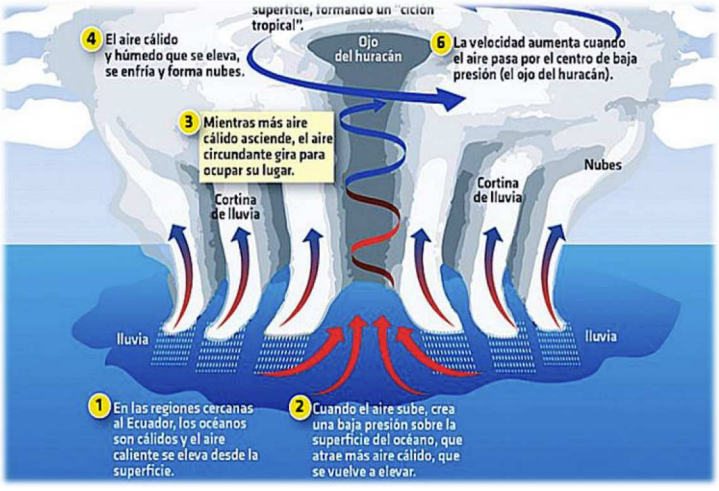
Los surestes, son fenómenos meteorológicos de poca frecuencia y duración variable, con vientos húmedos y cálidos provenientes del Sureste, por lo que estos sistemas se desplazan con dirección Noroeste, con velocidades que llegan a alcanzar los 60 km/hr y rachas de 80 km/hr.

Las tormentas tropicales son fenómenos meteorológicos característicos de la región, se presentan en verano y otoño y se consideran como predecesoras de los huracanes, ya que sus vientos son inferiores a los 120 km/hr.

Durante los meses de junio a octubre se presentan sistemas tropicales tales como tormentas tropicales y huracanes que inciden en el Estado y que son los responsables de cambios periódicos en los ecosistemas al generar alteraciones a gran escala de los mismos.

Las tormentas generadas en las latitudes tropicales al sur de las Canarias, o incluso en el continente africano, son desplazadas por los alisios hacia el Oeste a medida que van creciendo en intensidad, alimentadas por las cálidas del agua del verano, hasta convertirse en enormes sistemas tormentosos precursores de los peores huracanes que golpean las costas del Caribe.

Los huracanes o ciclones tropicales son uno de los eventos hidrometeorológicos de mayor impacto puntual en las zonas costeras de la Península de Yucatán. De acuerdo con la SEMARNAT (2003), un huracán es "un viento muy fuerte que se origina en el mar, que gira en forma de remolino acarreando humedad en enormes cantidades y que, al tocar áreas pobladas, generalmente causa daños importantes".



Dibujo esquemático que permite visualizar en un corte transversal la estructura interior de un huracán y de cómo éste se alimenta del calor del agua del océano, incrementando la velocidad de sus vientos que suben rápidamente en forma espiral sobre las paredes del ojo del mismo.

Los huracanes presentan sistemas de vientos específicos que se originan en las zonas tropicales, y se intensifican en

movimientos de rotación alrededor de un centro de baja presión y temperaturas superficiales del agua oceánica por arriba de los 27° C. De acuerdo con el Comité de Huracanes de la Asociación Regional IV para América del Norte, Caribe y Central, de la Organización Meteorológica Mundial, la evolución de un ciclón tropical puede ser dividida en las cuatro etapas siguientes:

1. Nacimiento (depresión tropical). Primero se forma una depresión atmosférica, que se caracteriza porque el viento empieza a aumentar en superficie con una velocidad máxima (media en un minuto) de 62 km/h o menos; las nubes comienzan a organizarse y la presión desciende hasta cerca de las 1000 hpa (hectopascales).

2. Desarrollo (tormenta tropical). La depresión tropical crece o se desarrolla y adquiere la característica de tormenta tropical, lo que significa que el viento continúa aumentando a una velocidad máxima de entre 63 y 117 km/h inclusive; las nubes se distribuyen en forma de espiral y empieza a formarse un ojo pequeño, casi siempre en forma circular, y la presión se reduce a menos de 1000 hpa. En esta fase es cuando recibe un nombre correspondiente a una lista formulada por la Organización Meteorológica Mundial (Comité de Huracanes).

3. Madurez (huracán). Se intensifica la tormenta tropical y adquiere la característica de huracán, es decir, el viento alcanza el máximo de la velocidad, pudiendo llegar a 370 km/h, y el área nubosa se expande obteniendo su máxima extensión entre los 500 y 900 km de diámetro, produciendo intensas precipitaciones.

   El ojo del huracán cuyo diámetro varía entre 24 a 40 km, es un área de calma libre de nubes. La intensidad del ciclón en esta etapa de madurez se gradúa por medio de la escala de Saffir-Simpson.

4. Disipación (fase final). Este inmenso remolino es mantenido y nutrido por el cálido océano hasta que se adentra en aguas más frías o hasta que entra a tierra firme, situación ésta última en la que el ciclón pierde rápidamente su energía y empieza a disolverse debido a la fricción que causa su traslación sobre el terreno.

En la República Mexicana, Quintana Roo es el Estado con mayor incidencia de huracanes. La temporada de estos fenómenos abarca de junio a octubre, con la mayor incidencia de este tipo de fenómenos naturales en el mes de septiembre, en el que además se han registrado los huracanes con mayor poder destructivo.

Entre los meses de agosto a octubre se origina el 80% de los huracanes que ocurren en la temporada, y en septiembre tiene lugar el 40% de los que alcanzan las categorías más grandes, es decir los más destructores.

Las costas de nuestro estado son muy vulnerables al impacto de este tipo de fenómenos hidrometeorológicos, ya que se encuentra en la ruta de desplazamiento de los huracanes que se forman en el atlántico. Cuando un huracán se acerca a las costas, las mareas de tormenta que generan y que llegan a alcanzar hasta 5 m o 6 m de altura, golpean el litoral erosionando las playas e inundando con aguas salinas los humedales ubicados en los terrenos bajos inmediatos a la barra arenosa.

El efecto abrasivo de los vientos huracanados, así como las mareas de tormenta que invaden con aguas saladas los humedales costeros del Estado, provocan la contaminación salina de los suelos, principalmente constituidos por turba y materia orgánica, lo cual los hace susceptibles a un proceso de mayor degradación con el tiempo, ya que la desaparición de la vegetación que se desarrolla en el pantano, propicia la degradación de los suelos al desaparecer la vegetación que los protege de intemperismos que pulverizan la fina materia del suelo en el humedal, llegando incluso a desaparecer en amplias zonas.

Entre los huracanes más poderosos que afectaron las costas de Quintana Roo, destacan Janet, que en 1955 arrasó con Chetumal; el huracán Allen en 1980, aunque sólo rozó la península, causó estragos en varias zonas del estado.

A estos huracanes importantes le siguió el huracán Gilberto que azotó las costas de Quintana Roo en septiembre de 1988, el cual por haber alcanzado y sobrepasado la categoría 5, fue considerado como el "huracán del siglo" no sólo por sus dimensiones, sino por su gran afectación ecológica.

Esta denominación cambió en el año 2005, cuando dos huracanes categoría 5 golpearon las costas del estado, Emily en julio y Wilma en octubre que arrasó la porción norte del estado. La temporada de huracanes del 2005 comenzó oficialmente el 1 de junio y se extendió hasta el 30 de noviembre. Estas fechas convencionales delimitan el periodo en que se espera se formen los huracanes en el Océano Atlántico.

En esa temporada de huracanes 2005, se presentó por vez primera en los registros, un total de 23 tormentas tropicales que la convierten en la más activa de la historia. De igual forma, se presentaron 13 huracanes, lo que constituye el mayor número histórico en una sola temporada. Del total de huracanes que se formaron, 7 se convirtieron en grandes huracanes.

Esta fue la primera vez que, en una temporada de huracanes, tanto del Atlántico como del Pacífico, se agotó la lista de nombres y se tuvo que recurrir al uso de las letras del alfabeto griego para nombrar los subsecuentes sistemas en formación. Por último, esta insólita temporada de huracanes, además de registrar por primera vez 3 huracanes categoría 5 (Katrina, Rita y Wilma), estos tres se encuentran entre los 6 huracanes más

intensos de que se tenga registro para la cuenca Atlántica. Pero fue apenas el año 2020 que otra vez se registró una de las temporadas ciclónicas más intensas, con un total de 31 sistemas tropicales en la zona del Atlántico, mar Caribe y Golfo de México, cifra que superó a los fenómenos de 2005, señalado como el más activo.

De los 31 sistemas tropicales que se registraron, 13 fueron huracanes, 17 tormentas tropicales y una onda tropical. La temporada de huracanes de este año comenzó de manera temprana con dos tormentas tropicales antes del primero de junio, Arthur y Bertha y para mediados de septiembre ya se habían formado casi el doble que en una temporada habitual.

Con el inicio de la Temporada de Lluvias y Ciclones 2020, Quintana Roo es uno de los Estados de la República Mexicana que sufrió las afectaciones que dejó a su paso la tormenta tropical “Cristóbal”, a pesar que este sistema no tuvo su trayectoria sobre la península de Yucatán, ocasionó que las lluvias torrenciales y muy fuertes, afectaran al Estado en un evento histórico de escurrimientos llegando hasta las comunidades de los municipios de Bacalar, Othón P. Blanco, Felipe Carrillo Puerto y José María Morelos.

La tormenta tropical “Gamma” tocó tierra en inmediaciones de Tulum, Quintana Roo el 3 de octubre, con vientos máximos sostenidos de 110 km/h y rachas de 140 km/h. A las 13:00 horas, tiempo el centro de México, Gamma se localizó en tierra, sobre Quintana Roo, aproximadamente a 25 km al nor-noroeste de Tulum, con vientos máximos sostenidos de 110 km/h, rachas de 140 km/h y desplazamiento hacia el noroeste a 15 km/h.

A las 5:30 horas del día 7 de octubre de 2020, tiempo del centro de México, el centro del huracán “Delta” ingresó a tierra en las inmediaciones de Puerto Morelos, Quintana Roo, debilitándose a categoría 2 en la escala Saffir-Simpson. Se localizó a 35 km al sur de Cancún, Quintana Roo, con vientos máximos de 175 kilómetros por hora (km/h), rachas de 205 km/h y desplazamiento hacia el noroeste a 28 km/h.

A las 13:10 horas, tiempo del centro de México, la tormenta tropical “Zeta” se intensificó a huracán categoría 1 en la escala Saffir-Simpson. Su centro se ubicó aproximadamente a 170 kilómetros al sureste de Cozumel, Quintana Roo, con vientos máximos sostenidos de 130 kilómetros por hora (km/h), rachas de 155 km/h y desplazamiento hacia el noroeste a 17 km/h.

Ante la afectación a las costas de Quintana Roo por los fenómenos hidrometeorológicos “Gamma”, “Delta” y “Zeta”, se estableció el Centro Estatal de Emergencia, con la finalidad de prevenir y mitigar accidentes en los municipios afectados, así como dar una rápida y eficaz respuesta ante cualquier emergencia que se pueda presentar. Se contó con la presencia de autoridades de los tres órdenes de gobierno y los cuerpos de protección civil.

Antes del comienzo de la temporada de huracanes se había comprendido una lista de 21 nombres para estas tormentas, pero cuando la lista acabó tras Wilfred, tuvieron que recurrir al alfabeto griego para nombrar a las tormentas posteriores. Alpha, Beta, Gamma, Delta, Épsilon, Zeta, Eta, Theta y Iota.

Sistemas hidrometeorológicos de gran envergadura que han afectado las costas estatales en los últimos 53 años. Destacan los años de 1988 con el huracán Gilberto, 2005 con los huracanes Emily y Wilma, así como la cifra récord de actividad ciclónica en el año 2020.

	FECHA	NOMBRE	CATEGORÍA	VELOCIDAD (km/hr)
1	Septiembre, 1961	CARLA	Huracán Intensidad 1	120
2	Octubre, 1964	HILDA	Depresión Tropical	50
3	Septiembre, 1965	DEBBIE	Tormenta Tropical	90
4	Octubre, 1966	INÉS	Huracán Intensidad 3	200
5	Septiembre, 1967	BEULAH	Huracán intensidad 1	120
6	Octubre, 1969	LAURIE	Depresión Tropical	55
7	Septiembre, 1970	ELLA	Tormenta Tropical	120
8	Junio, 1972	AGNES	Tormenta Tropical	115
9	Septiembre, 1973	DELIA	Depresión Tropical	55
10	Agosto, 1975	CAROLINE	Depresión Tropical	55
11	Septiembre, 1975	ELOISE	Tormenta Tropical	65
12	Septiembre, 1979	HENRY	Depresión Tropical	55
13	Agosto, 1980	ALLEN	Huracán Intensidad 5	250
14	Noviembre, 1980	JEANNE	Tormenta Tropical	65
15	Junio, 1982	ALBERTO	Huracán intensidad 1	137
16	Agosto, 1985	DANNY	Huracán intensidad 1	144
17	Octubre 1987	FLOYD	Huracán intensidad 1	130
18	Septiembre, 1988	GILBERTO	Huracán intensidad 5	317
19	Noviembre, 1988	KEITH	Tormenta Tropical	100
20	Septiembre, 1995	OPAL	Huracán intensidad 4	209
21	Octubre, 1995	ROXANNE	Huracán intensidad 3	161
22	Agosto 1996	DOLLY	Tormenta Tropical	113
23	Octubre 1998	MITCH	Huracán intensidad 5	285
24	Octubre 1999	KATRINA	Tormenta Tropical	65
25	Septiembre 2000	KEITH	Huracán intensidad 4	215
26	Agosto 2001	CHANTAL	Tormenta Tropical	100
27	Septiembre 2002	ISIDORE	Huracán intensidad 3	220
28	Julio, 2005	CINDY	Huracán intensidad 1	120
29	Julio 2005	EMILY	Huracán intensidad 4	240
30	Octubre 2005	WILMA	Huracán intensidad 5	280
31	Agosto, 2007	DEAN	Huracán intensidad 5	260
32	Julio, 2008	DOLLY	Tormenta Tropical	90
33	Septiembre, 2010	KARL	Huracán intensidad 1	100
34	Agosto, 2012	ERNESTO	Huracán intensidad 1	140
35	Junio, 2020	CRISTÓBAL	Tormenta Tropical	95
36	Octubre, 2020	GAMMA	Tormenta Tropical	110
37	Octubre, 2020	DELTA	Huracán intensidad 2	175
38	Octubre, 2020	ZETA	Huracán intensidad 1	130

3.- CARACTERIZACIÓN BIÓTICA DEL PREDIO DEL PROYECTO

Toda la infraestructura hotelera y turística de Cancún, se ha desarrollado sobre el tómbolo arenoso que conforma el cordón litoral que aísla al Sistema Lagunar Nichupté del mar Caribe. Este sistema se encuentra sujeto a presiones ambientales producto del desarrollo urbano y actividades turísticas y recreativas.

Las principales fuentes de alteración son el incremento de nutrientes, los dragados, rellenos de zonas someras, tala de mangle y uso de embarcaciones de motor fuera de borda. Sin embargo, y a pesar de estas características, el Sistema Lagunar de Nichupté en su conjunto presenta una gran claridad de aguas debido en gran parte al componente biótico, que actúa como filtro retenedor y degradador de sedimentos y material en suspensión.

En este aspecto, la Laguna de Nichupté se encuentra bordeada en sus litorales interiores por manglares principalmente de las especies *Rhizophora mangle*, *Avicennia germinans* y *Conocarpus erectus*, y zonas pantanosas en donde abundan *Acoelorrhaphe wrightii*, *Cladium jamaicensis* y *Typha* sp, entre otras especies hidrófilas. En el borde Este, sobre la duna costera que separa la laguna del mar, la vegetación original ha sido prácticamente eliminada por la construcción de infraestructura turística.

El plan de manejo del Área Natural Protegida Manglares de Nichupté, menciona que la vegetación terrestre es principalmente aquella que se desarrolla en zonas inundables, formando ecosistemas como el manglar, la sabana, petenes, tulares y matorral costero. Así mismo, una pequeña porción de la zona presenta selva baja subcaducifolia.

3.1. VEGETACIÓN NATIVA

Por su ubicación dentro del ecosistema lagunar, el predio de Grand Island colinda con este ambiente palustre, caracterizado por el desarrollo de vegetación de manglar y otras especies hidrófilas que interactúan tanto con el ecosistema marino como con el terrestre, representando un papel importante tanto en la productividad acuática como terrestre, así como por todos los beneficios que ellos producen, entre otros, que representan un ecosistema con una rica diversidad de especies.

A pesar de esta riqueza florística natural que rodea al predio estudiado, éste carecía de una cubierta de vegetación forestal, es decir de vegetación original de los ecosistemas de la zona. Lo anterior es debido a que la superficie del predio es producto de rellenos con cascajo derivado de desechos de construcciones.

Con excepción de las áreas de conservación que se mantienen con vegetación hidrófila, la totalidad del terreno se encontraba cubierto de vegetación secundaria, con una altura entre 3 a 5 m, con una composición que mezcla especies pioneras derivadas de las selvas bajas y de duna costera.

Entre las especies herbáceas más comunes, se registra la presencia del zacate de tallo azul (*Andropogon glomeratus*), el pasto bermuda (*Cynodon dactylon*) que proviene del campo de golf, el pasto salado (*Distichlis spicata*), el pasto estrella (*Cynodon plectostachyum*), el zacate *Eleocharis cellulosa*, la *Salicornia virginica*, el zacate cortadera (*Cladium jamaicense*) el y el zacate guinea (*Panicum maximum*) y algunos ejemplares del carricillo (*Lasiacis ruscifolia*).

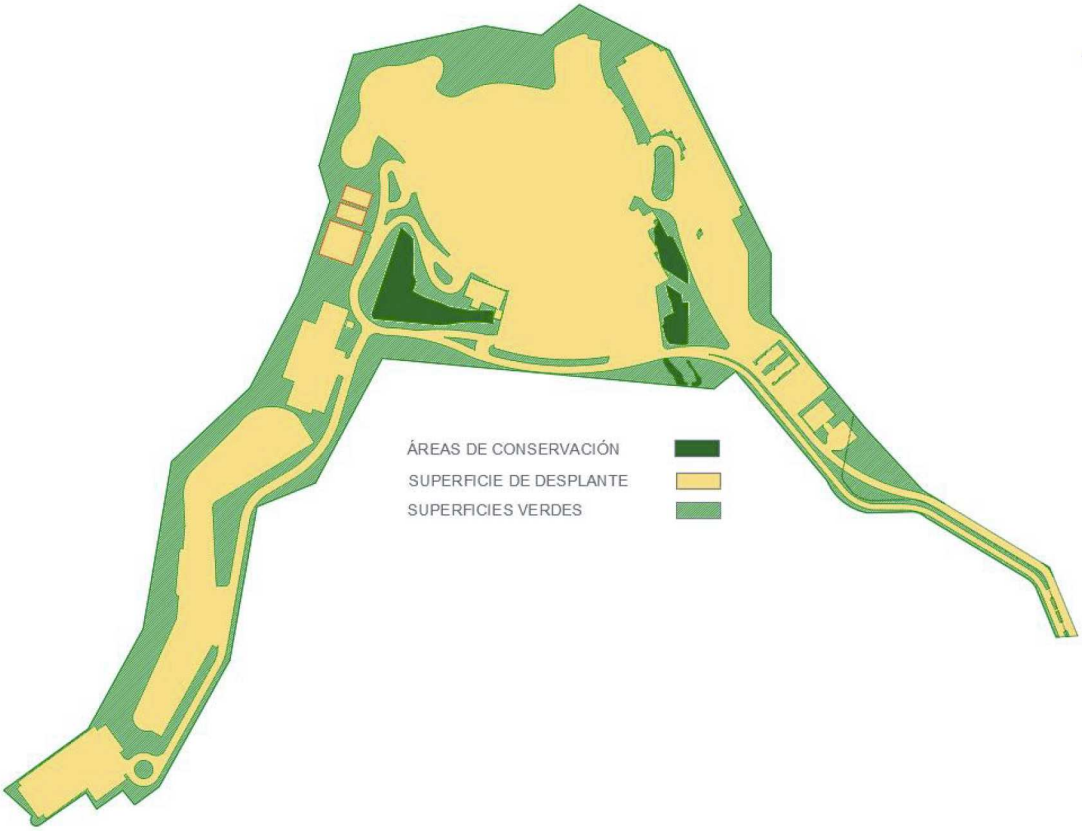
Otras de las especies que se encuentran formando parte de estos ensamblajes de vegetación secundaria, se registra la santamaría (*Pluchea simphytifolia*), el guayabillo (*Ernodea littoralis*), la hierba de pollo (*Commelina erecta*), el pino de mar (*Casuarina equisetifolia*), el orégano de monte (*Lantana camara*) y el orégano xiu (*Lantana involucrata*), la verdolaga de playa (*Sesuvium portulacastrum*), el anikab (*Arrabidaea floribunda*), el chakmo-ak (*Alternanthera ramosissima*), la pasionaria (*Passiflora foetida*), la chaya cimarrona (*Cnidoscolus aconitifolius*), el k'ooch (*Ricinus communis*) y la riñonina (*Ipomoea pes-caprae*), así como *Wedelia trilobata*, el saladillo *Batis maritima* y *Cakile edentula*, así como la planta introducida para conformar setos, la salvia azul (*Salvia farinacea*) y el almendro (*Terminalia catappa*).

También se registran ejemplares arbóreos de especies secundarias como el uaxim (*Leucaena leucocephala*), el capulín (*Muntingia calabura*), el caustico chechem (*Metopium brownei*), el siricote (*Cordia sebestena*), el árbol cola de lagarto (*Acacia glomerosa*),

Para iniciar con la implementación de los programas ambientales condicionados para la construcción del Proyecto autorizado mediante bitácora 23QR2018TD152, el 11 de noviembre de 2019 se iniciaron los trabajos de rescate de la flora nativa de todas aquellas áreas del terreno autorizadas para el desplante del proyecto.

Estos trabajos iniciaron con el rescate de la flora nativa de las áreas donde se construye el primer edificio de mil llaves, con sus vialidades, estacionamiento y el área del Spa, y una vez concluidos estos trabajos de desmonte en el edificio de mil llaves, los trabajos se ampliaron a la superficie de la segunda torre para su

chapeo y desmonte. Estos trabajos de desmonte se realizaron de manera gradual a lo largo de casi un año desde que se otorgó la autorización ambiental, logrando culminar con los trabajos de chapeo y desmonte hasta febrero de 2021, por lo que su gradualidad ha evitado que se presentes procesos de erosión del suelo, así como un incremento del albedo en la zona por el efecto refrigerante de la vegetación.



Plano de la superficie del predio en el que se denotan con el asurado naranja las áreas que ya se encuentran chapeadas y desmontadas, alcanzando el 100 por ciento del chapeo, del desmonte y de las vialidades y el sembrado de las edificaciones.

En Total, se tienen 49,907.72 m^2 de área desmontada para la torre de mil habitaciones y terracerías, a la cual se le agregan 28,395.09 m^2 de la última área desmontada y un total adicional de 12,851.72 m^2 de superficie total de chapeo y que no requirió de desmonte. Con lo anterior, se alcanzó una superficie total de 91,154.53 m^2 de superficie del terreno sin vegetación.

Con estos antecedentes, la superficie del predio que se requerirá para la instalación del proyecto “Plantas de tratamiento de aguas residuales y ósmosis inversa” no requerirá del desmonte ni afectación de superficies adicionales a las ya autorizadas para la construcción del hotel.

3.2. FAUNA NATIVA

Como parte complementaria y en paralelo al programa de rescate de flora en el predio, se iniciaron los trabajos del Programa de Rescate y Reubicación de Fauna Nativa, el cual inició el 11 de noviembre de 2019 y se concluyó el 11 de abril de 2020. Una vez concluidos los trabajos de campo, se elaboró el Reporte Final de Resultados del citado programa, mismo que fue presentado a la SEMARNAT el 25 de agosto de 2020. El 30 de septiembre de 2020, la Delegación de la SEMARNAT en el estado de Quintana Roo, notificó mediante el Oficio No. 04/SGA/1019/2020 de que había recibido dicho informe final y que procedía a incorporarlo al expediente del proyecto.

Sin embargo, este programa que ha concluido en su fase de trabajos de campo para la captura y reubicación de los ejemplares de macrofauna silvestre que se encontraba dentro del predio, ha continuado en la última etapa del mismo, con los "trabajos de monitoreo" de las especies rescatadas y reubicadas dentro del polígono 9 del ANP Manglares de Nichupté, para garantizar que el programa de rescate ha sido exitoso y de que los animales extraídos del predio no regresen a las áreas de trabajo y se pongan en riesgo su supervivencia.

Los resultados de estos trabajos de monitoreo fueron reportados en el Tercer Informe de Cumplimiento de Términos y Condicionantes Técnicas y Ambientales del Proyecto "*Proyecto autorizado mediante bitácora 23QR2018TD152"*, indicado en el **Término *OCTAVO*** de la resolución favorable de impacto ambiental **04/SGA/1430/19-03096**, de fecha 19 de junio de 2019, que fue presentado en las delegaciones de la PROFEPA y SEMARNAT el 25 de febrero de 2021.

En síntesis, 10 especies de macrofauna presente en el predio fueron sujetas de rescate y trasladas al sitio de liberación seleccionado dentro del Polígono 9 del área natural protegida APFF Manglares de Nichupté, cumpliendo con los objetivos del programa.

En total se capturaron y liberaron 53 Iguanas grises (*Ctenosaura similis*), 10 boas constrictoras (*Boa constrictor*), 1 Culebrita Yucateca (*Coniophanes meridanus*), 10 Cocodrilos de ría (*Crocodylus acutus*), 1 Cocodrilo de pantano (*Crocodylus moreletii*), 2 Ratones yucatecos (*Peromyscus yucatanicus*), 1 tlacuache cuatrojos gris (*Philander opossum*), 3 Tejones (*Nasua narica*), 6 Mapaches (*Procyon lotor*) y 2 Tepezcuintles (*Cuniculus paca*).

Por lo anterior, en las superficies donde se desplantará el proyecto "Plantas de tratamiento de aguas residuales y ósmosis inversa" no se realizarán desmontes ni afectación de superficies adicionales a las ya

autorizadas para la construcción del hotel, por lo que no existe la presencia de fauna en las áreas destinadas al proyecto, que pudieran resultar sujetas a rescate o a una posible afectación.

4.- PAISAJE

En la Zona Hotelera de Cancún se cuenta con el sistema lagunar por un lado y del otro las aguas del mar Caribe, lo que resulta en un paisaje único para el desarrollo de infraestructura turística. Además, en ambos ambientes se realizan actividades recreativas gracias a la presencia de arrecifes coralinos, de lagunas salobres o de sitios para el desove de especies de particular importancia comercial, y aún de pantanos, hábitat fundamental de fauna endémica.

En este espacio geográfico tan reducido, el uso intensivo de los recursos ha modificado el entorno natural a partir de la alteración que han sufrido los diferentes elementos que lo conforman, entre ellos, la vegetación que en la zona es de selva media Subperennifolia, manglares y tulares y vegetación acuática en los cuerpos lagunares, todas ellas de interés ecológico.

Por todo lo anterior, se puede valorar el paisaje de Cancún, como un recurso natural escaso, valioso y con demanda creciente, fácilmente depreciable y difícilmente renovable. sin embargo, el paisaje no solo es una experiencia visual, sino multisensorial, donde el resto de los sentidos también son influenciados, como lo son el olfato y el oído.

De cualquier forma, es el aspecto visual el que más peso tiene durante el reconocimiento del

El paisaje en la zona del proyecto propuesto es un espacio antropizado, en donde el paisaje está compuesto por un mosaico complejo de elementos naturales y antrópicos de frágil equilibrio y sustentabilidad. En primer plano las áreas desmontadas para el edificio de mil habitaciones, entre en campo de golf y la laguna Nichupté. Al fondo a la izquierda los hoteles de la zona hotelera y el mar Caribe.

paisaje, es por ello, que se conoce como paisaje visual, donde se considera más la estética y la capacidad de percepción del observador.

Otro enfoque distinto es el paisaje ecológico, donde se toman en cuenta las características naturales del terreno, como la geomorfología, vegetación, fauna, clima, agua, etc.

El concepto de paisaje como recurso natural no debe limitarse exclusivamente a los espacios natural o urbano, que por supuesto cuentan con una serie de valores naturales y paisajísticos muy especial, sino que debe aplicarse también a los espacios más humanizados, incluso a aquellos que lo están en su grado máximo (las ciudades), pues además de que en todos ellos es posible encontrar elementos naturales en mayor o menor medida, la percepción del entorno tiene un importante papel en el bienestar humano y en la calidad de vida.

El paisaje está en permanente evolución como consecuencia de:

- Procesos dinámicos naturales del medio biótico (evolución de la vegetación, colonización, sustitución, etc.) y del medio abiótico (procesos erosivos o sedimentarios, transformaciones de los cursos fluviales, procesos glaciares, etc.).
- Procesos antrópicos: roturaciones, talas, transformación de usos de suelo, instalación de infraestructuras, etc.

Por lo tanto, se debe considerar que el hombre es un elemento más de la naturaleza, unido a ella por vínculos de interdependencia, por lo que es parte integrante de los ecosistemas. Su papel en ellos es muy activo, especialmente en los últimos siglos, en los que la tecnología desarrollada permite unas intervenciones sobre el medio imposibles anteriormente, lo que ha aumentado y acelerado los procesos de transformación antrópica de éste, y por lo tanto la evolución de los paisajes.

Cada uno de los medios citados (biótico, abiótico y antrópico) va a tener diferente peso específico en cada unidad de paisaje, estableciéndose entre ellos una serie de relaciones e interdependencias que dan unidad al conjunto y determinan su evolución. Las dinámicas evolutivas de los procesos indicados se desarrollan según escalas temporales muy diferentes. Hay dinámicas de ciclo corto:

- En el medio abiótico: desprendimientos de ladera, ciertas transformaciones en el medio fluvial, caídas de bloques, etc.
- En el medio biótico: muerte de individuos como consecuencia de desprendimientos, incendios o caída de otros individuos, cambio en poblaciones debido a plagas o enfermedades, etc.

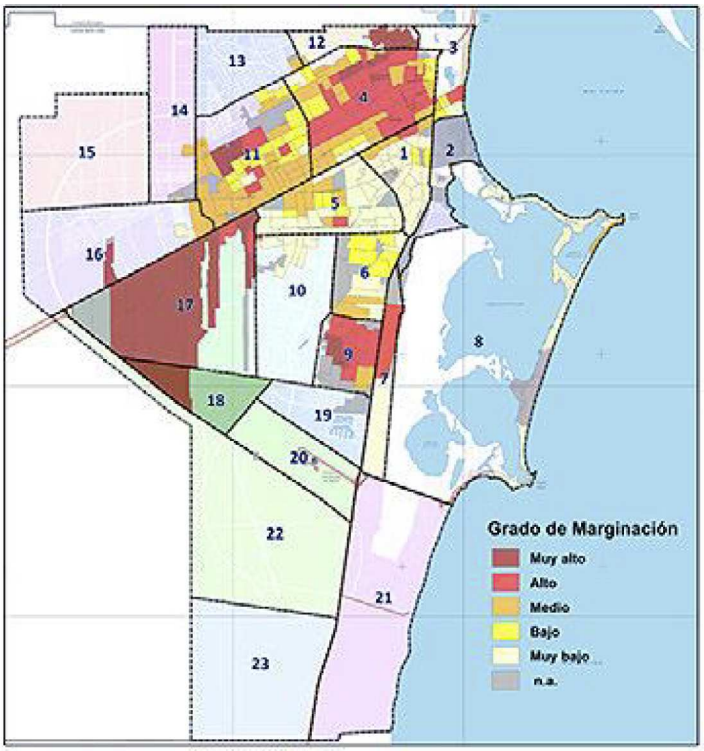
En el caso concreto del Proyecto autorizado mediante bitácora 23QR2018TD152, actualmente en construcción, ha modificado y continuará haciéndolo hasta su terminación, al paisaje circundante, tanto urbano-turístico como al entorno natural.

En el caso concreto del proyecto plantas de tratamiento de aguas residuales y ósmosis inversa, por encontrarse inmerso en una zona urbana con desarrollo habitacional y turístico, la instalación de esta infraestructura no representa un cambio en el paisaje de la zona, siendo además acorde con el desarrollo circundante y ya considerado en los instrumentos de gestión urbana y ambiental que aplican para la zona destinada a su construcción.

Es decir, que su construcción no altera el perfil arquitectónico que conforma el paisaje costero. Esto es especialmente cierto, si se considera que el proyecto se desplantará sobre una zona previamente desmontada y en construcción.

5.- MEDIO SOCIOECONÓMICO

Si bien el municipio de Benito Juárez es catalogado, de forma general, como de Muy Baja Marginación; lo cierto es que **33% de su población carece de oportunidades sociales** y de la capacidad de adquirirlas o generarlas.



Distribución de la Población municipal con base en el criterio de Marginación. Fuente: CONAPO 2010

De prevalecer esta tendencia, se esperarían **escenarios de elevada vulnerabilidad social,** cuya solución estaría fuera del alcance personal o familiar de quienes habitan en dichos distritos. El reto consiste en establecer un modelo productivo que brinde a todos los habitantes las mismas oportunidades y procure el bienestar de la población, particularmente en dos temas:

El educativo, ya que alrededor de **60 mil personas** mayores de 15 años **carecen de educación primaria;** y el de ingresos toda vez que más de **114 mil personas** de la fuerza laboral del municipio (31.5%) percibieron **ingresos de hasta dos salarios mínimos** en 2017. En el extremo opuesto, 11% de la población ocupada percibe más de 5 salarios mínimos.

La concentración de la riqueza profundiza la situación de pobreza de la población municipal. Como causa y efecto de la marginación social, la población en situación de pobreza ha aumentado en el último periodo medido. En 5 años, la población del municipio de Benito Juárez en situación de pobreza aumentó un 22%, es decir, 40 mil personas más que el registro de 2010.

Distribución de la Población según Indicadores de Pobreza

Indicadores	Población		Proporción (%)	
	2010	2015	2010	2015
Pobreza	180,048	219,949	26.85	27.70
Extrema	24,493	20,775	3.65	2.62
Moderada	155,556	199,173	23.20	25.08
Por Carencias Sociales	258,291	284,301	38.51	35.80
Por Ingresos	35,870	56,553	5.35	7.12

Fuente: CONEVAL

Por otro lado, para el año 2015 el PIB municipal superó los **122 mil millones** de pesos, es decir, **56%** del total estatal, con lo que el municipio se **consolida** como el **motor económico** de la entidad. Las actividades terciarias o de servicios, entre las que se encuentran el comercio, alojamiento y preparación de alimentos y bebidas, aportaron **88%** a la producción de Benito Juárez.

La actividad de **construcción** aporta **58% del PIB** del sector secundario. La edificación de **infraestructura turística,** urbana y de **viviendas** para el crecimiento poblacional, fortalece dicha actividad.

Ponderación del PIB Municipal a Precios Constantes (Millones de Pesos)

Sector	PIB Estatal		PIB Municipal	
	2010	2015	2010	2015
Primario	1,399	1,407	95	80
Secundario	23,058	27,799	12,310	14,560
Terciario	150,757	194,938	85,490	108,065
TOTAL	**175,213**	**224,144**	**97,894**	**122,705**

Fuente: Cuentas Nacionales (INEGI)

La riqueza generada por la economía municipal entre la población registrada, es decir el **PIB Per Cápita,** ascendió a **164,990 pesos** a precios constantes. Lo anterior representa un 10.5% más que la media estatal.

Dinámica de la Población Ocupada por Sector

Sector	1980	1990	2000	2010	2015
Primario	7.7%	1.9%	1.0%	0.9%	0.6%
Secundario	21.4%	18.6%	16.7%	14.9%	13.6%
Terciario	71.0%	79.4%	82.2%	84.2%	85.8%

Fuente: Censos y conteos de Población (INEGI)

El municipio cuenta con **un potencial demográfico importante, pero subutilizado.** La tasa de participación económica (TPE) es de 62%, debido principalmente a la **poca participación de la mujer en el trabajo remunerado**.

La TPE representó **una población de 361 mil en 2015,** con una tasa de ocupación de 97%, es decir, que de la población económicamente activa, alrededor de **351 mil se encontraban empleadas.** Las condiciones de ocupación han cambiado significativamente en el municipio. La población ocupada se concentra en **actividades terciarias** con una participación de **86%.**

Los principales indicadores turísticos demuestran una **industria sólida y en constante crecimiento.** Para 2017 el municipio generó 53% de la **derrama económica** total de **Quintana Roo**, a pesar de solo recibir el 41% del total de afluencia a la entidad, es decir, más de 4.73 millones de turistas. De acuerdo con FONATUR, la **productividad turística** de Benito Juárez, entre 2010 a 2016, le permitió contribuir con **5.7% (promedio) al PIB nacional.**

La **dependencia económica** en la actividad turística, impacta positiva y/o negativamente en el resto de las actividades económicas, lo que **hace vulnerable a la economía municipal.** Lo anterior se ha comprobado debido a crisis macroeconómicas, alertas sanitarias o de seguridad y fenómenos meteorológicos.

Esta tendencia de dependencia podría incluso incrementarse con la zonificación metropolitana y la apertura de alrededor de 14 mil cuartos hoteleros (escenario probable) en el centro de población de Isla Mujeres.

Por lo anterior Benito Juárez debe pasar, de ser un lugar creado y desarrollado a partir del turismo, hacia una transición que le permita contar con elementos de **innovación espacial que detonen nuevas oportunidades económicas a nivel local y regional.**

Principales Indicadores Turísticos

Año	Derrama en MDD	Afluencia de Turistas	Cuartos Hoteleros
2007	3,073	3,004,802	N.D.
2008	3,358	3,265,591	28,371
2009	2,658	2,878,811	28,537
2010	2,781	3,015,690	29,951
2011	2,921	3,115,177	28,417
2012	3,746	3,642,449	29,743
2013	4,348	4,093,942	30,608
2014	4,733	4,387,798	30,608
2015	4,977	4,622,286	30,667
2016	4,701	4,761,482	35,549
2017	4,714	4,733,549	35,272

Fuente: SEDETUR

Por otro lado, el éxito comercial de esta región del país, implica un aporte estimado en el 12 % del PIB turístico para México y el 90 % del PIB turístico para Quintana Roo. Según datos recientes, la capacidad de recepción de visitantes es de 4.3 millones de visitantes anuales, cuya derrama económica se estima en casi 3,000 millones de dólares.

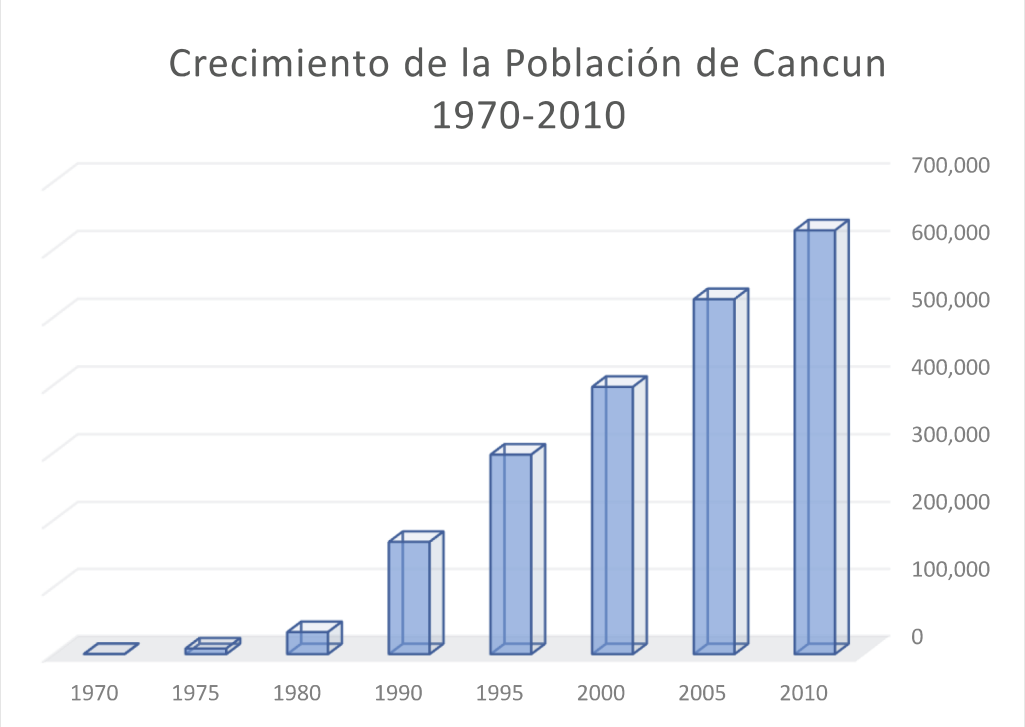
Si bien la belleza y alta diversidad de recursos naturales que rodean a Cancún han definido su clara vocación natural para la actividad turística, el desarrollo ha tenido un alto costo ambiental y social.

La infraestructura urbana de la ciudad ha quedado rezagada respecto al crecimiento turístico, lo que ha generado desequilibrios muy marcados y un déficit significativo en cuanto a los servicios públicos municipales que demanda la creciente población de la ciudad.

La población de Cancún ha crecido de forma desmesurada, teniendo en cuenta que se desarrolló en un espacio casi despoblado. Según datos del ayuntamiento de Benito Juárez, la zona donde se desarrollaría Cancún, apenas contaba con algo más de cien habitantes cuando se decidió la construcción del centro turístico. En 1970 ya contaba con 441 habitantes, sobre todo personal encargado de levantar las estructuras e infraestructuras necesarias para el futuro desarrollo de la ciudad.

A partir de 1975, ya con Quintana Roo erigido como estado federal y con la fundación del municipio Benito Juárez, la ciudad tenía una población de 8,500 habitantes. A partir de entonces su crecimiento ha sido explosivo, continuado y muy significativo, especialmente por la fuerte inmigración.

Así, el éxito económico de Cancún como destino turístico ha desencadenado problemas relacionados con la población y poblamiento del área, así como del deterioro relativo de los recursos naturales y ha rebasado la capacidad financiera de los gobiernos locales para la dotación de servicios urbanos mínimos, esto a pesar de las voluntades y esfuerzos de estas autoridades para la consecución de inversiones, créditos y el establecimiento de programas de amplio alcance.



Cancún como destino turístico ha sido uno de los proyectos del gobierno federal más exitoso en las últimas cuatro décadas. Sin embargo, el costo de este éxito, ha sido un crecimiento desmesurado de la población residente, que se multiplica a razón de 15 personas por cuarto hotelero construido.

Este municipio ha presentado un alto ritmo de crecimiento poblacional, ya que para 1980 la población era de 37,190 habitantes, para el año de 1990 ya se había alcanzado la cifra de 176,765 habitantes, en 1995 la población aumentó hasta 311,696 residentes y en el año 2000 la población censada fue de 419,815 habitantes.

Según el Instituto Nacional de Geografía e Informática INEGI, hasta el año de 2010 el Municipio de Benito Juárez tenía una población de 661,176 habitantes, en una proporción muy similar entre hombres y mujeres, siendo de 326,231 mujeres, equivalentes al 49.34 % y 334,945 hombres que representan el 50.65 % de la población (Censo de Población y Vivienda, 2010).

TASA MEDIA DE CRECIMIENTO ANUAL (TMCA)							
LOCALIDAD	TMCA C/10 AÑOS			TMCA C/5 AÑOS			
	1980-1990	1990-2000	2000-2010	1990-1995	1995-2000	2000-2005	2005-2010
QUINTANA ROO	8.1	5.9	4.2	7.4	4.5	5.3	3.1
BENITO JUÁREZ	16.9	9.0	4.6	12.0	6.1	6.4	2.9
CANCÚN	17.6	9.0	4.7	12.1	6.0	5.8	3.6
ALFREDO V. BONFIL	12.3	11.7	6.2	15.0	8.5	11.1	1.5
LEONA VICARIO	5.9	6.6	3.5	7.6	5.6	3.1	4.0
PUERTO MORELOS	7.5	9.6	10.3	9.9	9.3	17.6	3.5
RESTO DEL MUNICIPIO		9.8	NA	6.0	13.7	24.6	-34.9

Fuente: PROGRAMA DE DESARROLLO URBANO DEL CENTRO DE POBLACIÓN CANCÚN, MUNICIPIO BENITO JUÁREZ, QUINTANA ROO (2014-2030)

Los resultados del Censo General de Población y Vivienda 2010 (Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática, 2010), indican que, del total de la población registrada para el Municipio Benito Juárez, la mayor parte se concentra en la cabecera municipal de Cancún, con un porcentaje de 95.0%, seguido por Alfredo V. Bonfil con 2.25%, Puerto Morelos con el 1.39 % y Leona Vicario con 0.98%, mientras que el resto (0.36 %) se distribuye en otras comunidades.

Debido al éxito de Cancún como destino turístico de nivel internacional, prácticamente desde su creación se convirtió en un polo de atracción por sus fuentes de trabajo y posibilidades de desarrollo, por lo cual, a pesar de que el municipio de Benito Juárez ocupa el sexto lugar en extensión territorial con respecto a los 8 municipios que conforman el estado de Quintana Roo, su población representa casi el 50% del total estatal, lo que representaba en 2010 una densidad de 397.34 habitantes por km^2.

Esta densidad poblacional es un reflejo de los altos índices de crecimiento registrados en el municipio, particularmente por medio de la migración. De 2005 a 2010, la población ha aumentado en un 15.39% y cada vez siguen llegando nuevos pobladores.

CUADRO COMPARATIVO DE LAS SUPERFICIES TERRITORIALES DE LOS MUNICIPIOS DEL ESTADO, NÚMERO DE HABITANTES Y DENSIDAD REGISTRADA EN EL AÑO 2010

MUNICIPIO	SUPERFICIE Km²	% DEL ESTADO	POBLACIÓN (HABITANTES)	% DEL ESTADO	DENSIDAD (Hab/km²)
OTHÓN P. BLANCO	18,760	37	244,553	18.85	13.04
FELIPE CARRILLO PUERTO	13,806	27.2	75,026	5.78	5.43
JOSÉ MA. MORELOS	6,739	13.3	36,179	2.79	5.37
SOLIDARIDAD	4,245	8.4	159,310	12.28	37.53
LÁZARO CÁRDENAS	3,881	7.7	25,333	1.95	6.53
BENITO JUÁREZ	1,664	3.3	661,176	50.96	397.34
ISLA MUJERES	1,100	2.2	16,203	1.25	14.73
COZUMEL	474	0.9	79535	6.13	167.80
TOTALES	**50,669**	**100**	**1,297,315**	**100**	**25.6**

Fuente: INEGI XII Censo General de Población y Vivienda 2010.

La gran influencia de la tendencia inmigratoria que ha tenido Cancún a lo largo de su corta historia, se refleja fielmente en que hasta el año 2010, 408,857 habitantes (el 69.83% de la población del municipio) no nació en la entidad; mientras que el número de personas que nacieron aquí es de solo 220,373 personas, cifra que representa el 33.34% de la población total del municipio.

Con respecto a las actividades productivas en el municipio Benito Juárez, para el año 2010 existía una población económicamente activa (PEA) de 307,649 personas, mientras que la población económicamente inactiva era de 181,512 personas. Así, la PEA ocupada asciende a 190,984 personas, mientras que la PEA desocupada fue de 10,986 personas.

El Producto Interno Bruto (PIB) del estado de Quintana Roo ascendió a más de 176 mil millones de pesos en 2010, con lo que aportó 1.4% al PIB nacional. Las actividades terciarias o auxiliares, entre las que se encuentran el comercio y hoteles son por mucho las más importantes del estado, aportando el 88% al PIB estatal en 2010.

Las actividades primarias son prácticamente nulas en el Municipio Benito Juárez y en particular en Cancún. La agricultura es prácticamente nula debido a la pobreza del suelo, estando limitadas únicamente al autoconsumo. Por su parte, la producción de ganado también es de autoconsumo, aunque existen algunos pocos productores de ganado porcino, bovino y aves, que contribuyen muy poco al consumo interno de la localidad.

Según el Programa de Desarrollo Urbano del Centro de Población Cancún, la producción forestal está en crisis después del paso del huracán Wilma en 2005, debido al derribo del estrato arbóreo, afectando principalmente a los ejidatarios de Leona Vicario.

Finalmente, la pesca como actividad primaria está en declive, con cada vez menos participantes en ella pues están migrando a la actividad turística.

ACTIVIDADES ECONÓMICAS EN EL CENTRO DE POBLACIÓN CANCÚN

SECTOR	UNIDADES ECONÓMICAS			PORCENTAJE
	QUINTANA ROO	BENITO JUÁREZ	CANCÚN	
PRIMARIO	74	16	15	0.07
SECUNDARIO	3,449	1,725	1,678	7.6
TERCIARIO O AUXILIAR	43,468	20,945	20,459	92.4
TOTAL	46,991	22,686	22,152	100

El sector secundario está en pleno crecimiento en Benito Juárez desde hace algunos años, con el desarrollo de múltiples fraccionamientos de interés social y de lujo, dándole al sector de la construcción un fuerte impulso, llevando a la ocupación de un territorio cada vez más amplio en respuesta a una demanda de vivienda por parte de la creciente población.

El sector terciario es por mucho el más importante de Cancún, el municipio y todo el estado, y es el turismo el que representa casi la totalidad de este sector, convirtiéndose en prácticamente la única actividad económica que sostiene al estado.

Esta actividad representa 92.4% del total de las actividades económicas de la ciudad de Cancún. Al mes de abril 2009 Cancún registró 15,422 empresas con un amplio predominio de la actividad auxiliar, principalmente el comercio al por menor y servicios.

En el tema de generación de empleo también la actividad del comercio al por menor puntea la lista, seguida de los servicios de alojamiento y preparación de alimentos, servicios, comercio al por mayor y servicios profesionales; siendo la Zona Centro y Zona Hotelera las que generan mayor cantidad de empleo.

Según la Secretaría de Turismo del estado de Quintana Roo (SECTUR), el estado se ubica en el lugar 13 respecto al Índice de Competitividad Estatal 2010 y es el estado que percibe mayores ingresos por el sector turismo en el país, y en 2013 captó el 40% del total de divisas que ingresaron al país por concepto de turismo.

Hasta diciembre de 2014, Cancún contaba con una infraestructura hotelera de 145 hoteles, tres menos que los registrados en el período 2010-2012. A pesar de esta disminución en los establecimientos hoteleros, la oferta de cuartos hoteleros va en aumento, con un total en 2014 de 30,608 cuartos, 865 más que en el año 2012.

Con respecto a la vivienda, el Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática reporta que en el municipio Benito Juárez existe un total de 246,307 viviendas, de las cuales 241,999 son particulares, las cuales son habitadas por 646,639 personas, es decir, un promedio de 2.67 personas por vivienda.

Del total de viviendas particulares, 173,478 poseen piso fabricado con algún material diferente de la tierra; 177,946 viviendas cuentan con sanitario; 159,324 tienen servicio de agua potable entubada; 176,455 viviendas tienen drenaje y 176,623 reciben servicio de energía eléctrica.

El crecimiento poblacional explosivo que ha experimentado Cancún, así como problemas de tenencia de la tierra y su elevado costo, han fomentado el rezago en materia de vivienda, lo que ha causado que segmentos de la población recurran a la ocupación irregular o ilegal de zonas ejidales, estableciendo asentamientos humanos carentes de servicios urbanos y sin certeza jurídica en cuanto al régimen de propiedad.

Con relación a la educación, el INEGI reporta que el municipio Benito Juárez tenía una población de 463,937 personas en el año 2010 cuyas edades oscilaban entre 15 años o más, de las cuales 451,090 sabían leer y escribir, representando el 97.23% de este sector de la población, mientras que 12,847 eran analfabetas, representando el 2.76%. El grado promedio de escolaridad en el municipio en 2010 era de 9.59 años. En el municipio habitaban 72,277 niños de 6 a 11 años de edad en 2010, de los cuales 2,379 no asistían a la escuela, es decir el 3.29% de los niños del municipio no van a la escuela primaria.

Cancún es una ciudad que cuenta con una gran cantidad de escuelas de educación básica: primarias (curso de seis años escolares) y secundarias (curso de tres años escolares) ubicadas en muchos puntos de la región. La mayoría de estas escuelas pertenecen al gobierno federal y para las personas con mayores ingresos existen

escuelas privadas con diversos programas educativos en los cuáles se incluyen prematernal, kínder, primaria, secundaria, preparatoria y profesional.

Sin embargo, debido al enorme crecimiento de la población, año con año hay un gran porcentaje de jóvenes que se quedan sin la posibilidad de inscribirse en escuelas públicas. Es esta una de las razones de la existencia de tantas escuelas privadas.

En las ciudades con mayor crecimiento demográfico de Quintana Roo no hay terrenos con las características adecuadas para construir escuelas que sean lo suficientemente amplias y equipadas a fin de enfrentar una matrícula escolar cuyo crecimiento alcanza hasta un 12 por ciento en Solidaridad y un 5.2 por ciento en Benito Juárez.

En cuanto al número de profesores según el Sistema de Información y Gestión educativa (SIGED) durante el ciclo escolar 2013-2014 había en todo el estado 13,326 docentes de educación básica, de los cuales 11,122 trabajan para el sector público en un total de 1,639 escuelas, mientras que en el sector privado existían 353 escuelas en las que laboraban 2,204 docentes.

Con respecto a los servicios médicos, el municipio de Benito Juárez cuenta con diversas dependencias públicas que prestan servicios de salud, como la Secretaría Estatal de Salud (SESA), el Instituto Mexicano del Seguro Social (IMSS), el Instituto de Seguridad y Servicios Sociales de los Trabajadores al Servicio del Estado (ISSSTE), el servicio médico de la Secretaría de la Defensa Nacional (SEDENA), de la Secretaria de la Marina (SM), de la Fuerza Aérea Mexicana (FAM), la Cruz Roja Mexicana y el Sistema para el Desarrollo Integral de la Familia (DIF).

La población derechohabiente para alguno de estos servicios de salud en el municipio Benito Juárez ascendía en 2010 a 425,874 personas, mientras que no contaban con este tipo de prestaciones un total de 211,732 personas.

Debido al vertiginoso aumento de la población y por consiguiente el incremento en la demanda de servicios de salud, en Cancún se han establecido múltiples clínicas y hospitales privados, los cuales, a pesar de no existir estadísticas confiables y actualizadas, se estima que en su conjunto ya superaron la oferta de servicios que ofrece el sector oficial en su conjunto.

6.- DIAGNÓSTICO AMBIENTAL

6.1. INTEGRACIÓN E INTERPRETACIÓN DEL INVENTARIO AMBIENTAL

Para la integración e interpretación del inventario ambiental recabado en el sitio del proyecto "Plantas de tratamiento de aguas residuales y ósmosis inversa", se utilizó un método de valoración semicuantitativo, donde las unidades ambientales descritas en la caracterización ambiental se clasificaron con los adjetivos: alto, medio, bajo o nulo, según los siguientes parámetros:

- Normatividad ambiental
- Diversidad
- Rareza
- Naturalidad
- Aislamiento
- Calidad
- Irreversibilidad
- Singularidad

En cuanto a la *Normatividad Ambiental* vigente, a menos de 100 m del predio (en la rivera de la laguna Nichupté) donde se pretende realizar el proyecto se identificaron ecosistemas de manglar y el cuerpo de agua lagunar de alta importancia ambiental y turística,

Por otro lado, como resultado de los programas de rescate de vegetación y fauna nativas que se han ejecutado para la construcción del Proyecto autorizado mediante bitácora 23QR2018TD152, y a que actualmente laboran en la zona empleados con equipos motorizados, la diversidad biológica dentro del predio no existe, la vegetación secundaria que se registraba en la zona ha sido eliminada, con la consecuente ausencia de fauna, particularmente aquella que es más sensible a las actividades antropogénicas.

Por la misma razón, no se identificaron en el predio elementos faunísticos, florísticos, geológicos o culturales poco comunes, raros o singulares dentro del mismo predio, dentro de la totalidad del Sistema Laguna Nichupté o incluso de cualquier ecosistema de manglar de la Península de Yucatán. Por tanto, en el predio no existen elementos para evaluar la **Rareza** de ningún elemento ambiental.

El predio presentaba una amplia variedad de impactos ambientales producto de su relleno, lo que dio como resultado un grado de **Naturalidad nulo**. El terreno chapeado y desmontado como se encuentra actualmente, no presenta ningún tipo de atributos ambientales bióticos.

De acuerdo con la SEMARNAT (2002), el **grado de aislamiento** mide la posibilidad de dispersión de los elementos móviles del ecosistema y está en función del tipo de elemento a considerar y de la distancia a otras zonas de características similares. Para el caso concreto de la construcción del hotel, los elementos móviles presentes en la zona terrestre ya no están presentes ya sea porque fueron rescatados y translocados, o porque se ahuyentan por la presencia de los trabajadores, por lo tanto, no existen animales que vean afectada su posibilidad de movilizarse.

Tomando en consideración lo antes mencionado, se considera que el **grado de aislamiento** de la fauna en el predio es nulo ya que no se encuentra presente ninguna especie que se considere residente de la zona.

Al evaluar la **calidad ambiental** en la zona es evidente que ésta es baja, debido al ya mencionado desmonte de la vegetación y posterior construcción, misma que aún se encuentra en proceso de desarrollo.

Los impactos ambientales ya existentes en la zona terrestre se consideran como irreversibles, por tanto, la **irreversibilidad** actual en el sitio del proyecto es alta, y debido a que la totalidad de la infraestructura será construida en esta zona no se anticipan impactos ambientales adicionales.

Lo anterior también es válido en cuanto a **singularidad** dentro de los límites del predio. Al no registrarse dentro del mismo algún vestigio de los ecosistemas originales ni de las biocenosis que los poblaban, no se registra ningún elemento biótico que le confiera algún tipo de singularidad, por lo cual se califica como **singularidad nula**.

6.2. CONCLUSIONES

La dotación de infraestructura hidráulica del proyecto “Plantas de tratamiento de aguas residuales y ósmosis inversa”, que se propone para dar servicio al Pro Proyecto autorizado mediante bitácora 23QR2018TD152 actualmente en construcción, no representa afectaciones adicionales a las que ya han sido evaluadas en materia de impacto ambiental por la SEMARNAT.

Por otro lado, el proyecto se encuentra lejos de la zona costera marina, por lo que no representa afectaciones a las playas arenosas de la región y no constituirá una obra que modifique los procesos naturales (bióticos o abióticos) existentes en esas áreas litorales.

En suma, del análisis sobre el inventario ambiental del terreno para el desarrollo del proyecto sometido a evaluación, no requiere de afectaciones ambientales adicionales a las causadas en el pasado, por lo cual se considera como un desarrollo de nulo impacto ambiental como resultado de su inclusión dentro de unas instalaciones que ya han sido evaluadas y no requiere de afectaciones adicionales.

Por otro lado, se trata de un proyecto tecnologías modernas que al producir su propia agua potable contribuye significativamente al ahorro del agua potable de la zona hotelera. Además de lo anterior, las plantas de tratamiento de aguas servidas contribuyen a que reducir la presión existente en la zona para tratar los crecientes volúmenes de aguas residuales que se producen.

El reúso de las aguas tratadas en el riego de áreas verdes y otros servicios del hotel, se traducen en otro importante ahorro de agua, con lo cual el hotel reducirá drásticamente el alto consumo de agua y de energía, con lo cual se eliminan contaminantes de las aguas usadas, y se incrementa la eficiencia en la gestión de la energía y el agua.

Con base a lo anterior, se concluye que el proyecto cuenta con un diagnóstico ambiental positivo para su desarrollo.

V. IDENTIFICACIÓN, DESCRIPCIÓN Y EVALUACIÓN DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES

1.- METODOLOGÍA PARA IDENTIFICAR Y EVALUAR LOS IMPACTOS AMBIENTALES

Para la identificación de los impactos ambientales potenciales que se producirán como resultado de la construcción y operación del proyecto "Plantas de tratamiento de aguas residuales y ósmosis inversa", se utilizó como herramienta metodológica una Matriz de Interacción y una variación de la Matriz de Leopold, en las cuales se enlistan las características del medio contra las actividades que se llevarán a cabo durante el desarrollo del proyecto.

Matriz de Interacción. La metodología empleada para realizar la evaluación y análisis de los impactos potenciales que se identificaron, se inicia con la creación de listas de verificación para realizar las visitas de campo y la identificación de las variables que serán objeto del análisis; una vez obtenidas estas variables se elaboran las matrices específicas para evaluación de los impactos a partir de los criterios definidos para ello.

Con la finalidad de mantener la coherencia metodológica del documento, con base en la interpretación de la propia matriz de identificación de impactos ambientales, se realiza la clasificación, evaluación y descripción de los impactos identificados para la etapa de operación del proyecto; es decir, se realizó el análisis para esta etapa de operación contra cada uno de los componentes ambientales (Indicadores ambientales) de potencial afectación.

Con la finalidad de detectar la temporalidad de los impactos, así como la posibilidad de aplicar medidas de mitigación, se elaboró una Matriz de Interacción. En esta se definen aquellas actividades adversas a las características del medio en las que es posible aplicar medidas de prevención y mitigación para los impactos que de estas actividades se deriven, además, se presentan los impactos benéficos y su duración. Los impactos identificados se anotaron en cada una de las celdas, con base a los siguientes criterios:

P PERMANENTE. Un impacto permanente se deriva de una actividad que modifica el medio físico, biológico o socioeconómico, de forma tal, que no volverá a tener las características previas a la actividad desarrollada.

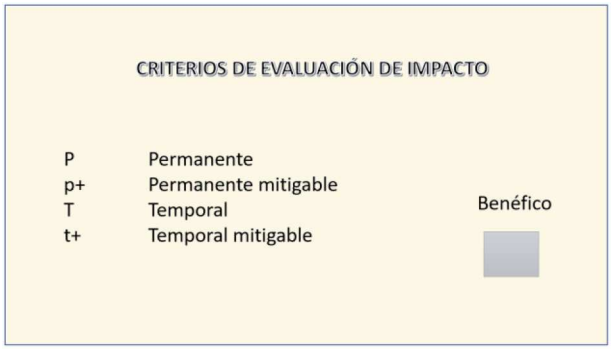
p+ PERMANENTE MITIGABLE. Se considera como impacto permanente mitigable a aquella actividad que modifica el medio y que es susceptible de aplicar medidas atenuantes, que contribuyan a la disminución del impacto generado o bien la aplicación de acciones de compensación que retribuyan el impacto.

T TEMPORAL. El impacto temporal es la alteración o modificación al medio físico, biológico o socioeconómico, que por las características de la actividad desarrollada se manifiesta transitorio y sin posibilidades de ser atenuado.

t+ TEMPORAL MITIGABLE. Es la modificación temporal del medio ambiente por una actividad, a la cual es posible aplicar medidas de mitigación que contribuyan a la reducción de los efectos negativos de la actividad.

Como se puede observar, esta matriz de interacciones es sensible a la duración del impacto potencial, y ayuda a determinar el grado de reversibilidad del mismo, así como su posibilidad de mitigación.

En esta matriz se correlacionan las características del medio con las actividades del proyecto en todas sus etapas. En este caso las celdas presentan letras mayúsculas o minúsculas, con las que se indica la temporalidad de los impactos. En el caso de impactos benéficos la celda presenta una clave por medio del sombreado de la celda correspondiente.



Para la estimación de la temporalidad del impacto analizado, se consideran dos criterios: permanente y temporal; esto depende de las características de la actividad que afecte el medio ambiente y su grado de reversibilidad.

Para denotar si existen medidas que prevengan o aminoren los efectos adversos de un impacto sobre un elemento determinado del medio ambiente, se representa mediante un signo +, que indica la posibilidad de mitigar dicho impacto.

La combinación de las dos variables mencionadas, resulta en cuatro categorías para calificar el efecto del impacto esperado: 1) permanente, 2) permanente mitigable, 3) temporal y 4) temporal mitigable. Adicionalmente, se distingue entre los impactos de carácter benéfico y aquellos considerados perjudiciales, con efectos negativos sobre el ambiente.

1.1. COMPONENTES AMBIENTALES E INDICADORES DE IMPACTO

Con base en la consideración de que un indicador es un elemento ambiental que es o puede ser afectado por un agente inductor (como lo son en este caso, las acciones a realizar en las diversas etapas del proyecto), se supone que para todas las etapas del proyecto se podrán presentar afectaciones potenciales en los componentes ambientales que se indican a continuación:

- Suelo
- Atmósfera
- Hidrología
- Vegetación
- Fauna
- Medio Socioeconómico

Las afectaciones que se anticipan potenciales, presentan un amplio espectro de intensidades para cada indicador ambiental a lo largo de la construcción y operación. Una vez que se ha desarrollado el trabajo de campo y el análisis de los datos de la zona donde se realizará el proyecto "Plantas de tratamiento de aguas residuales y ósmosis inversa", se ha establecido el estado de conservación de la vegetación en el interior y en áreas circunvecinas, así como la diversidad y composición de la fauna en el predio o en sus inmediaciones. Con estos elementos de conocimiento, se realizó un análisis para definir la lista indicativa de los indicadores de impacto ambiental potenciales, que se pueden generar a partir de la construcción y operación proyecto.

1.2. LISTA INDICATIVA DE INDICADORES DE IMPACTO

- Suelo
  - Estructura del suelo
  - Propiedades Fisicoquímicas (contaminación)
- Subsuelo
  - Permeabilidad
  - Estructura
- Atmósfera en lo relativo a la calidad del aire, por:
  - Emisión de gases contaminantes (calidad del aire)
  - Incremento en los niveles de ruido ambiental
- Geohidrología
  - Área-volumen de infiltración
  - Calidad del agua subterránea
  - Flujos subterráneos

- Recurso agua
  - Escurrimientos superficiales
- Paisaje
  - Desde la Laguna Nichupté
  - Desde el Boulevard Kukulcán
- Vegetación de la Zona
  - Manglar
- Fauna
  - Herpetofauna
  - Ornitofauna
  - Mastofauna
  - Fauna nociva
- Medio Socioeconómico
  - Empleo temporal y permanente
  - Demanda de servicios urbanos en la zona
  - Desarrollo económico municipal
  - Derrama fiscal, derechos e impuestos
  - Abastecimiento de insumos y productos básicos
  - Autosuficiencia ambiental y urbana

1.3. CRITERIOS Y METODOLOGÍA DE EVALUACIÓN

Definidos estos componentes ambientales y los indicadores de impacto, así como la identificación de las interacciones entre ambos (mediante la Matriz de Interacción), se procede, por último, a integrar la Matriz de Leopold modificada.

1.3.1. CRITERIOS

La aplicación de criterios y métodos específicos de evaluación del impacto permiten ponderar el efecto de la operación del proyecto respecto de los componentes ambientales de la zona; los primeros facilitan la valoración de la importancia de los impactos, en tanto que los segundos, otorgan una visión integral de los efectos de la construcción y operación del proyecto *"Plantas de tratamiento de aguas residuales y ósmosis inversa"*.

Matriz de Leopold modificada. En cada una de las celdas de esta matriz, se anotaron los valores determinados para la magnitud del impacto, así como su importancia; el valor dado para la magnitud se consideró a nivel del predio y su área de influencia; la importancia se consideró a nivel local. La escala que se empleó fue del 1 al 5, ocupando sólo los números nones, con la finalidad de simplificar el número de categorías.

VALOR ASIGNADO	MAGNITUD	CONDICIÓN QUE DESCRIBE
1	BAJA	Se considera una magnitud baja, cuando el impacto afecta o modifica ligeramente al elemento del medio, sin que éste pierda su integridad, composición, estructura o valor. Cuando el efecto del impacto pueda ser cuantificado, éste debe afectar menos del 30 % del elemento.
3	MEDIA	Este valor de magnitud se aplica cuando la afectación del impacto sobre el elemento del medio es moderada, y este elemento tiene la capacidad de conservar una proporción significativa, de al menos el 60 % de las características originales del elemento, además de tener la posibilidad de recuperarse de manera natural y espontánea, o bien, mediante la aplicación de medidas de mitigación, cuando el impacto sea negativo.
5	ALTA	Un impacto llega a ser de magnitud alta cuando la modificación o afectación al elemento del medio es tal, que éste pierde o modifica de manera significativa sus características originales, por lo cual resulta imposible restaurar la condición de forma natural. En estos casos, la aplicación de medidas de mitigación resulta en medidas muy radicales y de alto costo económico. Se aplica esta magnitud en una relación en la que el efecto del impacto es cuantificable, afectando más del 60 % del elemento.

Para la clasificación de la magnitud se emplearon las siguientes categorías; 1 para la escasa, 3 para la mediana y 5 para la fuerte. En la evaluación de la importancia se emplearon los siguientes criterios, 1 para la insignificante, 3 para la significativa y 5 para la altamente significativa. En el caso de las actividades consideradas como benéficas se colocó un símbolo + en la celda de la magnitud. Por otro lado, la importancia es una valoración que se aplica en función del valor intrínseco al elemento del medio que recibe el impacto. Esto se refiere a que no todos los ecosistemas tienen la misma importancia, ya que no contienen el mismo número y tipo de especies animales y vegetales, o la misma complejidad de interacciones con el medio físico y las relaciones interespecíficas biodependientes (competencia, predación, comensalismo, parasitismos, etc.).

El valor asignado a la importancia del impacto, depende en gran medida de otros atributos del elemento afectado, que van más allá del aspecto ecológico, y que incluyen aspectos tales como perdurabilidad, que hace referencia a la duración en tiempo de los efectos derivados del impacto; se contempla también la noción del valor de los servicios ambientales, que se refieren a la importancia de los usos tradicionales y económicos de sus recursos, así como algunas funciones ecológicas relevantes para el ambiente y las comunidades humanas (rol como bio-filtro de contaminantes, captación de agua, regulación climática, etc.).

Como consideración adicional para calificar la importancia de un impacto, se considera un factor muy difícil de dimensionar, pero de importancia fundamental. Se trata del concepto de sinergia, que se refiere a la

alteración producida en el ambiente que repercute más allá de los límites del predio del proyecto, y puede sumar otros impactos, cuyo resultado es mayor que la suma aritmética de los mismos. La importancia se califica con un valor al impacto, por medio de los números 1, 3 y 5. En caso de que el impacto sea positivo, se le agrega el símbolo +, para indicar que el efecto en las características del medio natural o socioeconómico, es benéfico. El significado de los valores asignados para la importancia, se indica en el cuadro siguiente:

VALOR ASIGNADO	IMPORTANCIA	CONDICIÓN QUE DESCRIBE
1	BAJA	Cuando el efecto sobre algún elemento del medio carece o tiene muy poco valor, ya sea porque sus características originales han sido afectadas anteriormente por impactos previos a la realización del proyecto, la posibilidad de aminorar los efectos negativos o proteger sus características naturales mediante la aplicación de medidas prevención, mitigación o compensación, se le considera de importancia baja.
3	MEDIA	La afectación de un impacto es de importancia media, cuando el elemento tiene un valor de relativa importancia, y cuando su conservación y protección es de interés general para la comunidad científica y la población. También se considera este grado de importancia, en función de la posibilidad de aplicar medidas preventivas o de mitigación, que sean factibles de aplicar y que sus efectos se estimen capaces de revertir el impacto adverso de manera significativa.
5	ALTA	Se considera que el impacto tiene importancia alta, cuando la suma de los valores intrínsecos del elemento afectado es relevante y de consecuencias decididamente adversas, al grado que se requiera la protección legal y la atención del público en general, así como de la comunidad científica. Normalmente los efectos derivados de una afectación ambiental con esta calificación de importancia, no son reversibles de forma natural y difícilmente son mitigables a través de acciones de prevención.

Una vez caracterizados y evaluados los impactos ambientales, se realiza una descripción analítica que ilustre claramente el carácter y los alcances de los efectos adversos esperados. A partir de la descripción precisa de cada impacto se derivan las medidas de mitigación o compensación para aquellos que se consideren significativos.

La aplicación de criterios y métodos específicos de evaluación del impacto, permiten estimar el efecto ambiental de una actividad humana determinada; los primeros facilitan la valoración de la importancia de los impactos, en tanto que los segundos, otorgan una visión integral de los efectos de las acciones del proyecto.

La identificación y evaluación de los impactos ambientales potenciales que generará el proyecto en sus diferentes etapas de desarrollo, se presentan en la matriz de interacción y la matriz de Leopold correspondientes.

1.3.2. Identificación y Caracterización de los impactos ambientales

La identificación de los impactos ambientales potenciales derivados de la construcción y operación del proyecto *"Plantas de tratamiento de aguas residuales y ósmosis inversa",* se realizó por medio de la construcción de la Matriz de Interacción, que permite identificar en que etapas y actividades del proyecto se pueden presentar afectaciones al medio físico, biológico y socioeconómico.

Como resultado de las diversas actividades que se realizarán durante la construcción y operación del proyecto varios elementos del marco ambiental presentes en el predio estudiado pueden resultar afectados en mayor o menor medida, tanto de forma adversa como de manera positiva, para los cuales se proponen las medidas preventivas y de mantenimiento preventivo y correctivo. A continuación, se identifican los diferentes medios que resulten modificados y se describen los procesos potenciales que pueden derivar de las distintas actividades durante el desarrollo del proyecto y su operación.

1.3.2.1. Medio físico

Antes de iniciar con el análisis descrito, se debe recordar que el predio que recibirá el proyecto que se somete a evaluación, ya cuenta con la resolución favorable en materia de impacto ambiental para la construcción del Proyecto autorizado mediante bitácora 23QR2018TD152 (oficio resolutivo número **04/SGA/1430/19 03096**, de fecha 19 de junio de 2019), por lo que el presente análisis corresponde a la instalación de las plantas de ósmosis inversa y de tratamiento de aguas servidas, las cuales estarán integradas y confinadas en las estructuras de los edificios en construcción previamente autorizados.

Por lo tanto, el proyecto *"Plantas de tratamiento de aguas residuales y ósmosis inversa"*, no producirá afectaciones en superficies adicionales a las ya desmontadas, ni requerirá de movimientos de tierras o desplazamiento de fauna.

El medio físico incluye todos los elementos abióticos que influyen en el estado de un ecosistema. El primer elemento físico del ambiente es el suelo, que a su vez está conformado por dos aspectos: la estructura del suelo y sus propiedades fisicoquímicas.

También comprende los elementos hidrológicos que puedan transcurrir en la zona de influencia del proyecto, incluyendo los escurrimientos superficiales y los sistemas hidrológicos subterráneos. También se considera la masa gaseosa o atmósfera que se encuentra en contacto con la zona de actividades constructivas y operativas, tanto en aspectos de composición química, como en su papel como medio de dispersión (contaminantes, polvos, etc.) y conducción (ruido, temperatura, etc.).

- *Suelo y subsuelo.*

Para identificar los impactos que afectarán al **suelo** en las áreas propuestas para el desplante del proyecto, se consideran características tales como su estructura y propiedades por remoción o por efectos erosivos. Sin embargo, a pesar de que el suelo es uno de los elementos abióticos que con mayor frecuencia resultan alterados en sus características elementales, en el presente análisis estos efectos adversos son inexistentes por tratarse de áreas previamente desmontadas, chapeadas y despalmadas, por lo cual el suelo no existe ya.

A pesar de lo anterior, se consideran imponderables importantes como posibles contaminaciones por combustibles o lubricantes provenientes de los equipos o la maquinaria usada en el proyecto, así como por el mal manejo de los desechos generados por los trabajadores de obra.

El **subsuelo** por su parte, no resultará con afectaciones adicionales a las ya realizadas para la cimentación de las edificaciones autorizadas para el hotel. Sin embargo, aquí se consideran las afectaciones por las cimentaciones de la obra civil de los recintos donde se instalarán los tanques y equipos de las plantas de tratamiento de aguas residuales. Por tratarse de cimentaciones por pilas de 8 m de profundidad, solo se avalúan afectaciones por actividades de nivelación y relleno, zanjado para la introducción de tuberías hidráulicas o eléctricas, y la construcción de obra civil.

La **estructura del suelo**, no será afectada por la construcción del proyecto, debido a que la totalidad de la superficie ha sido afectada previamente. Sin embargo, la nivelación del terreno generará partículas al aire que pueden ser transportadas por los vientos hacia la laguna y el manglar de borde.

Este impacto es Temporal (t+) con medidas de mitigación (como el riego de los materiales antes de su manejo) de baja magnitud e importancia (1) debido a que la actividad será de corta duración y en solo dos localizaciones muy reducidas.

Características del Medio / Etapas del Proyecto			PREPARACIÓN DEL SITIO							CONSTRUCCIÓN											OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO				
CRITERIOS DE EVALUACIÓN DE IMPACTOS P Permanente p+ Permanente mitigable T Temporal t+ Temporal mitigable Benéfico			Limpieza del terreno	Deslinde topográfico de áreas de aprovechamiento	Tapiado de area de trabajo	Excavaciones y nivelación	Perforación de pozos de aprovechamiento	Perforación de pozos de rechazo	Perforación de pozos de absorción	Cimentaciones superficiales	Colado de trabes y castillos	Obra civil de cuartos de instalación y cisternas	Pisos y recubrimientos	Red hidráulica entre pozos y cuartos de máquinas	Red de energía eléctrica e instalaciones asociadas	Instalaciones Eléctricas y sanitarias	Acabados de los recintos de instalación de reactores de PTAR	Construcción de cárcamos de rebombeo	Instalación de tanques, bombas, colectores y tableros de control	Pruebas de funcionamiento de las PTARs	Pruebas arranque de equipos de ósmosis y entrega de los sistemas en operación	Mantenimiento preventivo del sistema de riego de áreas verdes y pozos de absorción	Servicio y mantenimiento preventivo de pozos de rechazo	Mantenimiento preventivo de red de agua y captación de lluvia para reuso	Operación y mantenimiento preventivo de PTARs	Operación y mantenimiento preventivo de sistemas de ósmosis
MEDIO FÍSICO	Suelo	Estructura						t+	t+	t+															
		Propiedades Fisicoquímicas																t+		T	T	P	P	P	P	P
	Subsuelo	Permeabilidad								t+		p+														
		Estructura								t+																
	Atmósfera	Gases contaminantes				t+	t+	t+	t+																	
		Ruido ambiental				t+	t+	t+	t+																	
	Hidrología	Area-volumen de infiltracion										t+														
		Calidad del agua subterránea					t+	t+	t+												T	T	P	P	P	P	P
		Flujos subterráneos					t+	t+	t+															P	P	P
	Recurso agua	Escurrimientos superficiales				t+																				
	Paisaje	Desde la laguna Nichpté			t+																					
		Desde el Boulevard Kukulcán																								
MEDIO BIOLÓGICO	Vegetación	Manglar				t+				t+														P	P	P	P	P
	Fauna	Herpetofauna			t+	t+						t+																
		Ornitofauna				t+						t+																
		Mastofauna				t+						t+																
		Fauna nociva	T																								
MEDIO SOCIOECONÓMICO		Empleo temporal y permanente	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	P	P	P	P	P
		Demanda de servicios urbanos								T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	P	P	P	P	P
		Desarrollo económico municipal			T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	P	P	P	P	P
		Derrama fiscal, derechos e impuestos																					P	P	P	P	P
		Abastecimiento de insumos								T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	P	P	P	P	P
		Autosificiencia ambiental y urbana																			P	P	P	P	P	P	P

Matriz de Interacción. Esta matriz identifica los impactos ambientales potenciales derivados de todas las etapas, incluyendo la construcción y la operación del proyecto "*Plantas de tratamiento de aguas residuales y ósmosis inversa",* permitiendo conocer cuáles son las actividades que pueden generar afectaciones al medio físico, biológico y socioeconómico como resultado del desarrollo y operación del mismo.

La **permeabilidad** del subsuelo será afectada por la construcción de la obra civil de las dos plantas de tratamiento de aguas residuales, ya que, aunque el terreno ya ha sido desmontado, la construcción de las plataformas de cimentación y los pisos de los recintos de las plantas impedirán la filtración del agua en las dos localizaciones de las plantas, aunque solo se trata de dos áreas de aproximadamente 3,000 m^2 cada una.

Estas afectaciones se consideran permanentes (P) y permanentes con medidas de mitigación (p+), con una magnitud baja (1) debido a que la superficie de afectación es muy pequeña con respecto a la superficie total del terreno.

Las propiedades fisicoquímicas del suelo podrían verse impactadas por el inicio de las operaciones del proyecto, sin embargo, con la fase de pruebas de los equipos, y el mantenimiento preventivo y correctivo que permita una operación eficiente y segura de todos los sistemas, por lo que se considera un impacto benéfico permanente (P), aunque de baja magnitud e importancia (1).

- *Atmósfera.*

La generación de **gases contaminantes** se producirá en algunas etapas del proyecto provocada por los motores chicos y grandes de la maquinaria a utilizar, por ejemplo, durante la nivelación del terreno de las plantas de tratamiento de aguas residuales. Estas actividades serán temporales, al igual que los impactos causados y tienen medida de mitigación (t+). Se consideran de baja magnitud e importancia debido al lapso tan corto en que estarán dentro de obra estos equipos de perforación de pozos.

En cuanto al **ruido ambiental**, se anticipan efectos mínimos, ya que solo se producirá ruido en la construcción de la obra civil de los recintos que albergarán las plantas, por lo anterior, este impacto será de poca importancia debido a que no se requerirá de equipos grandes y al corto lapso de tiempo en el que se llevarán a cabo las obras de perforación de pozos, así como el buen estado de la maquinaria que se utilizará y que será revisada permanentemente por el responsable de obra. Por lo tanto, se trata de impactos temporales con medidas de mitigación (t+) con baja importancia y baja magnitud.

El programa de reforestación y jardinado con especies nativas, el mantenimiento de jardines sin fertilizantes y el mantenimiento de las áreas de conservación de manglar que actualmente se realizan como parte de las medidas de compensación por la construcción del hotel, ayudarán a disminuir los efectos adversos en el microclima. Por todo lo anterior, estas actividades son benéficas permanentes (P) aunque de baja magnitud e importancia (1).

Características del Medio / Etapas del Proyecto			PREPARACIÓN DEL SITIO							CONSTRUCCIÓN											OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO					
En cada cuadro de la matriz se anotan los valores para la *MAGNITUD e IMPORTANCIA* asignados a los impactos potenciales derivados del desarrollo del proyecto. La escala de estos va de 1 a 5. Los impactos benéficos se marcan con un signo (+).			Limpieza del terreno	Deslinde topográfico de áreas de aprovechamiento	Tapiado de area de trabajo	Excavaciones y nivelación	Perforación de pozos de aprovechamiento	Perforación de pozos de rechazo	Perforación de pozos de absorción	Cimentaciones superficiales	Colado de trabes y castillos	Obra civil de cuartos de instalación y cisternas	Pisos y recubrimientos	Red hidráulica entre pozos y cuartos de máquinas	Red de energía eléctrica e instalaciones asociadas	Instalaciones Eléctricas y sanitarias	Acabados de los recintos de instalación de reactores de PTAR	Construcción de cárcamos de rebombeo	Instalación de tanques, bombas, colectores y tableros de control	Pruebas de funcionamiento de las PTARs	Pruebas, arranque de equipos de ósmosis y entrega de los sistemas en operación	Mantenimiento preventivo del sistema de riego de áreas verdes y pozos de absorción	Servicio y mantenimiento preventivo de pozos de rechazo	Mantenimiento preventivo de red de agua y captación de lluvia para reuso	Operación y mantenimiento preventivo de PTARs	Operación y mantenimiento preventivo de sistemas de ósmosis
MEDIO FÍSICO	Suelo	Estructura						1 1	1 1	1 1																
		Propiedades Fisicoquímicas																1 1		1+ 1+	1+ 1+	1+ 1+	1+ 1+	1+ 1+	1+ 1+	1+ 1+	1+ 1+
	Subsuelo	Permeabilidad									1 1		1 1													
		Estructura									1 1															
	Atmósfera	Gases contaminantes				1 1	1 1	1 1	1 1	1 1																
		Ruido ambiental				1 1	1 1	1 1	1 1	1 1																
	Geohidrología	Area-volumen de infiltración											1 1													
		Calidad del agua subterránea					1 1	1 1	1 1	1 1										1+ 1+	1+ 1+	1+ 1+	1+ 1+	1+ 1+	1+ 1+	1+ 1+
		Flujos subterráneos					1 1	1 1	1 1	1 1													1+ 1+	1+ 1+	1+ 1+	1+ 1+
	Recurso agua	Escurrimientos superficiales				1 1																				
	Paisaje	Desde la Laguna Nichupté			1+ 1+																					
		Desde el Boulevard Kukulcán																								
MEDIO BIOLÓGICO	Vegetación	Manglar				1 1					1 1												1+ 1+	1+ 1+	1+ 1+	1+ 1+	1+ 1+
	Fauna	Herpetofauna			1+ 1+	1 1							1 1													
		Ornitofauna				1 1							1 1													
		Mastofauna				1 1							1 1													
		Fauna nociva	1+ 1+																							
MEDIO SOCIOECONÓMICO		Empleo temporal y permanente	1+ 1+	1+ 1+	1+ 1+	1+ 1+	1+ 1+	1+ 1+	1+ 1+	1+ 1+	1+ 1+	1+ 1+	1+ 1+	1+ 1+	1+ 1+	1+ 1+	1+ 1+	1+ 1+	1+ 1+	1+ 1+	1+ 1+	1+ 1+	1+ 1+	1+ 1+	1+ 1+	1+ 1+	1+ 1+
		Demanda de servicios urbanos									1+ 1+	1+ 1+	1+ 1+	1+ 1+	1+ 1+	1+ 1+	1+ 1+	1+ 1+	1+ 1+	1+ 1+	3+ 3+	3+ 3+	5+ 5+	5+ 5+	5+ 5+	5+ 5+	5+ 5+
		Desarrollo económico municipal			1+ 1+	1+ 1+	1+ 1+	1+ 1+	1+ 1+	1+ 1+	1+ 1+	1+ 1+	1+ 1+	1+ 1+	1+ 1+	1+ 1+	1+ 1+	1+ 1+	1+ 1+	1+ 1+	1+ 1+	1+ 1+	1+ 3+	1+ 3+	1+ 3+	1+ 3+	1+ 3+
		Derrama fiscal, derechos e impuestos																					1+ 1+	1+ 1+	1+ 1+	1+ 1+	1+ 1+
		Abastecimiento de insumos									1+ 1+	1+ 1+	1+ 1+	1+ 1+	1+ 1+	1+ 1+	1+ 1+	1+ 1+	1+ 1+	1+ 1+	1+ 1+	1+ 1+	1+ 1+	1+ 1+	1+ 1+	1+ 1+	1+ 1+
		Autosuficiencia ambiental y urbana																			5+ 5+	5+ 5+	5+ 5+	5+ 5+	5+ 5+	5+ 5+	5+ 5+

Matriz de Leopold Modificada. En esta matriz se presentan los resultados obtenidos para la evaluación de la magnitud e importancia de los impactos ambientales potenciales, permitiendo identificar los impactos para cada una de las características del medio ambiente como consecuencia de las actividades programadas para la construcción y la operación del proyecto *"Plantas de tratamiento de aguas residuales y ósmosis inversa".*

- *Geohidrología*

La relación entre el **área y el volumen** de agua que puede infiltrarse hacia el subsuelo, se verá afectada por la construcción de las plataformas de cimentación para obra civil de las plantas de tratamiento de aguas residuales (huella del proyecto). Se considera que por las pequeñas dimensiones de las plataformas (solo se trata de dos áreas, la primera de 3,116 m^2 y la segunda de 3,036 m^2), representarán un impacto permanente y sin medidas de mitigación por ello la magnitud es baja (1) y de importancia igualmente baja (1).

En el caso de las áreas que serán impermeables para las plantas de ósmosis inversa, debido a que serán instaladas dentro de las estructuras que ya han sido autorizadas (evaluadas) en materia de impacto ambiental, no representan una superficie nueva que afecte la infiltración del agua hacia el subsuelo, por ello, solo se consideran las áreas de las plantas de tratamiento de aguas residuales, con una magnitud e importancia del impacto bajas (1) y se considera que este impacto es permanente sin medida de mitigación.

Con respecto a la **calidad del agua subterránea**, se considera que los trabajos de perforación de los pozos pueden generar impactos potenciales por la intrusión de las barrenadoras, que pueden generar la dispersión de contaminantes y materiales de otros estratos.

A pesar de lo anterior, estos impactos son perfectamente prevenibles y existen medidas de mitigación para los mismos, además de ser muy puntuales desde el punto de vista espacial. Por lo anterior, se consideran impactos temporales con medidas de mitigación (t+) con baja importancia y baja magnitud.

Con relación a los **flujos subterráneos**, no se anticipan afectaciones debido a que solo las plantas de tratamiento de aguas residuales requerirán plataformas de cimentación en terrenos ya desmontados (en total poco más de 6,000 m^2). Por lo anterior, no se pueden presentar alteraciones de los flujos subterráneos de la zona.

Los únicos trabajos que pueden generar alguna afectación ligera, son los trabajos de perforación de pozos, pero sin que éstos puedan llegar a alterar los flujos preferenciales en la zona.

Por lo anterior, los impactos por cimentación y construcción de la obra civil en los terrenos ya desmontados, no se consideran impactos permanentes ni significativos respecto de los flujos geohidrológicos de la zona. Por lo anterior, se consideran impactos temporales con medidas de mitigación (t+) con baja importancia y baja magnitud.

- *Hidrología superficial*

Con respecto a los flujos superficiales del terreno, los trabajos nivelación para la construcción de la obra civil de las plantas de tratamiento de aguas residuales, tendrán una afectación de los escurrimientos que, a pesar de cubrir pequeñas superficies del terreno, en esos sitios puntuales pueden tener un efecto amplificado en el caso de precipitaciones extraordinarias que pudieran generar escurrimientos de agua desde el terreno hacia la laguna. Estos escurrimientos deberán presentarse libres del arrastre de partículas contaminantes, por lo que resulta esencial el buen manejo de los desechos y residuos sólidos y líquidos, así como un adecuado acopio temporal de los mismos. Por tanto, estos trabajos de limpieza se considera un impacto temporal (T) benéfico de poca magnitud (1) pero baja importancia (1).

- *Paisaje*

Para evitar este tipo de impactos causados por la presencia de las obras que puedan ser observados desde la zona turística (como es el caso de la construcción de la obra civil de las plantas de tratamiento de aguas residuales), se propone que las estructuras a construir podrán ser "aisladas" de la vista con la habilitación de un tapial bien construido, pintado con un color neutro que se pierda en el entorno, de manera que las obras y actividades de la construcción queden ocultos a la vista de los turistas y la gente local.

Las obras propuestas no se pueden observar desde la zona del Boulevard Kukulcán, ya que solo podrán ser visibles desde la laguna Nichupté, considerando que el sitio es observado solo por quienes pasan en embarcaciones motorizadas por el bajo de la Z hacia el cuerpo sur del sistema lagunar, sin embargo, es muy difícil que se aprecien los trabajos de construcción para las plantas de nivel del suelo y uno o dos pisos, ya que la vista se impide por el manglar de borde que rodea el predio. Por lo anterior, las obras escasamente tendrán un impacto visual, que de presentarse será solo temporal (T) de baja magnitud e importancia (1) con medida de mitigación por la construcción del tapial. Por lo anterior, se considera que, respecto al paisaje, las obras hidráulicas propuestas no tendrán el menor impacto en el paisaje.

1.3.2.2. MEDIO BIOLÓGICO

- *Vegetación*

Por la realización del proyecto, en el medio biológico es en el que menos impactos potenciales se anticipan, esto debido a que la superficie del predio que ha sido autorizada para la construcción del hotel ha sido ya completamente desmontada, después de haber realizado y terminado en su totalidad los programas de rescate de vegetación y de fauna nativa.

Por otro lado, la instalación de la infraestructura hidráulica que se propone en el presente análisis, no requiere de la afectación de superficies adicionales a las ya evaluadas en materia de impacto ambiental, lo cual se traduce en que el proyecto no requiere de afectaciones a ningún tipo de vegetación. Por lo tanto, en el análisis de impacto ambiental no considera impactos potenciales a la vegetación de la zona.

Sin embargo, por otro lado, se tiene que el predio para el desarrollo del hotel, en el cual se propone la instalación de las plantas, presenta en su colindancia oeste una franja de manglar de borde y a continuación el cuerpo lagunar. Sin embargo, debido a la distancia en que serán colocadas las plantas y que serán confinadas, no se anticipa ningún impacto potencial.

Por otro lado, respecto a las plantas de tratamiento de aguas residuales, las excavaciones y la nivelación del terreno, así como la cimentación de la obra civil que alojará las plantas, pudieran producir el levantamiento de polvos que lleguen a la laguna y mangles por acción del viento. Por lo tanto, se anticipa un impacto temporal, pero con medida de mitigación (t+), y teniendo en cuenta lo retirado de la construcción que colindará con el manglar, el impacto se considera de baja magnitud e importancia (1).

- *Fauna*

Herpetofauna. A pesar de los rescates de fauna que se han realizado previo al inicio de las obras, las iguanas grises *(Ctenosaura similis*) siguen ingresando al predio, aunque su presencia ya resulta marginal. Su ingreso proviene desde el campo de golf colindante, donde estos saurios se refugian en sus madrigueras que tienen en diversas áreas del campo. Esta especie siempre va a estar presente en la zona, debido a su gran capacidad de adaptación a la presencia humana, de la cual se ve incluso beneficiada.

Para ayudar a reducir la presencia de estos saurios, se tiene un equipo en la obra que recibe reportes de cualquier animal que se aviste dentro de la obra, para proceder a su captura y rescate, para transportarlo al polígono 9 donde se han trasladado todos los animales que fueron sujetos a l programa de rescate de fauna nativa. Por otro lado, se recomienda que estas iguanas sean ahuyentadas cuando se encuentren cerca de los linderos del predio para propiciar su salida hacia las áreas vecinas.

En lo que respecta a las dos especies de cocodrilo, de ría (*Crocodylus acutus)* y el cocodrilo americano (*Crocodylus moreletii*), que al principio se registraron dentro de los límites del predio, se dará aviso al equipo especializado en el manejo de fauna para su captura y rescate, para transportarlo al polígono 9.

Por lo tanto, se considera que la colocación del tapial para delimitar el área de trabajo e impida que regresen estas especies al predio, así como el Rescate y ahuyentamiento de Fauna Nativa, representan impactos positivos para estas especies registradas en la NOM-059, los impactos se consideran de baja magnitud (1) e importancia (1).

Ornitofauna. Las aves no verán reducido su hábitat en la zona del terreno debido a que no se requiere de la afectación de áreas adicionales a las ya autorizadas en materia de impacto ambiental y que actualmente ya han sido desmontadas.

A pesar de lo anterior, a las aves que puedan ingresar al predio como animales en tránsito; pueden resultar afectadas con la realización de las excavaciones y nivelación del terreno, así como la construcción de la obra civil. Aunque este tipo de impactos son mínimos en este grupo faunístico, debido a su alta movilidad y a que, una vez iniciadas las obras, se refugiarán en las áreas vecinas con vegetación en buen estado de conservación. Por lo que las aves serán alejadas por los ruidos, calificándose este impacto como temporal con medida de mitigación (t+) de baja magnitud e importancia (1).

Por otro lado, el programa de reforestación y jardinado y el mantenimiento de las áreas de conservación de manglar, representarán una gran mejora de la zona respecto de la avifauna, ya que encontrará alimento y refugio en esta nueva cobertura vegetal, así como la que se mantendrá en la zona de manglar.

La siembra de árboles y plantas nativas en el proyecto, aumentará el hábitat para aves, siendo este un impacto benéfico permanente (P) aunque de baja magnitud (1) e importancia (1) debido a lo reducida superficie que ocupará el proyecto con respecto a los ecosistemas que lo rodean.

Mastofauna. Después de que se realizó el programa de rescate de fauna nativa en el predio, no se han observado o capturado ejemplares de este grupo zoológico. Sin embargo, se observan en los atardeceres un buen número de murciélagos que se alimentan de insectos que se desarrollan en las áreas inundadas que rodean el predio en desarrollo.

Esto se debe a que estas especies debido a su habilidad de vuelo tienen una gran capacidad de movimiento que les permite alejarse por sus propios medios de las zonas perturbadas por las actividades de construcción en el predio.

En general, a pesar de ser los únicos mamíferos en la zona, este grupo resultará afectado por la realización de excavaciones y nivelación del terreno, así como la construcción de la obra civil, debido al ruido que producen, por lo que se verán ahuyentados, calificándose este impacto como temporal con medida de mitigación (t+),

pero de baja magnitud e importancia (1). Por otro lado, se estima que las poblaciones de murciélagos frugívoros que se desplazan por toda la zona, se verán beneficiados con los trabajos de reforestación con especies nativas de plantas, ya que les ofrecerán resguardo y alimentación a través de los frutos que producen.

Fauna nociva. Los trabajos de recoja permanente de basura, así como el mantenimiento preventivo de instalaciones, evitará el establecimiento de fauna nociva como ratas y ratones, moscas, termitas, etc. Este impacto será benéfico permanente (P), de baja magnitud (1) e importancia (1).

1.3.2.3. Medio Socioeconómico

La construcción y operación del proyecto generará empleo temporal para un total de hasta 105 trabajadores de la construcción y especializados en los sistemas que serán instalados, además que se estima que se generarán 15 empleos permanente para aproximadamente para la administración y operación de los equipos.

Durante todas las etapas de preparación del sitio y construcción habrá impactos positivos para el empleo temporal, aunque considerando la baja cantidad de personal requerido, este impacto será de baja magnitud (1) aunque de importancia media (3).

De la misma forma, los empleos permanentes generados serán de importancia baja, por lo que el impacto tiene baja magnitud (1) e importancia baja también (1).

La **demanda de servicios municipales** será el rubro que genere mayores beneficios del proyecto analizado. Esto obedece a que, debido a las características del proyecto, no se requiere de un incremento en la demanda de cualquier tipo de servicio público municipal adicional a los que ya se han contemplado para la construcción del hotel.

Por otro lado, el proyecto resulta muy positivo y benéfico desde el punto de vista de la autosuficiencia para dos servicios de gran relevancia ambiental y urbana. Ante la creciente preocupación de autoridades y organizaciones civiles respecto a la saturación para el tratamiento de las aguas residuales de la infraestructura hotelera y de servicios que opera en la zona hotelera de Cancún, es muy importante que un proyecto de las dimensiones del hotel, no incremente esta demanda y sea autosuficiente respecto del tratamiento de sus aguas servidas.

El otro punto relevante concierne al tratamiento y potabilización de aguas hipersalinas, para producir mediante modernos y eficientes equipos, agua dulce para cubrir todas las necesidades del proyecto. Esto, al igual que el punto anterior, es de gran importancia ambiental y urbana, ya que además de no incrementar la demanda de agua potable en la zona hotelera, generará un ahorro muy significativo de agua, uno de los objetivos a nivel global ante la creciente demanda de este líquido vital por miles de millones de personas en todo el planeta.

Por todo lo anterior, es que los impactos anticipados en este rubro son todos positivos, que impactarán de manera permanente (P) con magnitud alta (5) y de importancia también alta (5), debido a las dimensiones del proyecto que representa 3 mil habitaciones en operación y a que su incidencia en el entorno de la zona hotelera de Cancún será de gran relevancia pues las necesidades del hotel no agravarán la situación precaria con que se prestan estos dos servicios en la zona hotelera de Cancún.

El **desarrollo económico municipal** se verá favorecido permanentemente (P) al ofrecer una nueva fuente de ingresos, de especial relevancia por los empleos temporales y permanentes que se sumarán a los que ya genera el proyecto del hotel. Estos recursos vía impuestos y derechos, favorecerá el desarrollo municipal de manera permanente (P) con baja magnitud, pero de importancia media (3).

La instalación de las plantas de tratamiento de aguas servidas y de potabilización de aguas hipersalinas para cubrir las necesidades en la operación del Proyecto autorizado mediante bitácora 23QR2018TD152**,** tendrá un impacto benéfico permanente (P) para las arcas municipales, al permitir el ingreso de dinero por concepto de pago de impuestos prediales, permisos municipales, permisos de uso de zona federal, etc., aunque de baja magnitud (1) e importancia baja también (1).

Por otro lado, los **insumos** que requerirá el proyecto de plantas de tratamiento de aguas residuales y de potabilización por medio de la ósmosis inversa, tales como consumibles y refacciones como filtros, bombas, sistemas eléctricos, etc. serán permanente a lo largo de toda la vida útil del proyecto permitirán que los distintos proveedores vean favorecidos sus ingresos, esto constituye un impacto benéfico permanente (P). La magnitud e importancia de este impacto económico será de baja magnitud e importancia baja también (1).

La **Autosuficiencia ambiental** será uno de los aspectos más relevantes que dará como resultado la instalación y operación de esta infraestructura hidráulica, ya que permitirá que un hotel de grandes dimensiones como el que se está construyendo, no requiera de la dotación de estos servicios urbanos fundamentales por parte de las autoridades y operadores en dichos rubros.

Esta autosuficiencia ambiental y urbana será uno de los impactos benéficos más relevantes del proyecto que se presenta a evaluación en materia de impacto ambiental, ya que con este proyecto se busca que la actividad económica mantenga o mejore el sistema urbano y ambiental actual, además de promover el uso racional de uno de los recursos fundamentales como el agua, de manera eficientemente con la implantación de tecnologías de punta, con lo cual promueve la autosuficiencia en una zona hotelera rebasada en el tratamiento de aguas servidas y para la dotación de agua potable de calidad.

Si consideramos el resultado final del proyecto ya operando, su impacto es benéfico y permanente (P) de alta magnitud (5) e importancia alta también (5).

1.4. Conclusiones del análisis de Impacto Ambiental

El resultado del análisis de las matrices elaboradas para la instalación, operación y mantenimiento del proyecto de plantas de tratamiento de aguas residuales y de potabilización por medio de la ósmosis inversa, indican que se anticipan muy escasos impactos ambientales negativos, los cuales son todos de baja magnitud (1) y baja importancia también (1). Por otro lado, se presenta una gran cantidad de impactos positivos, principalmente en el medio socioeconómico, pero también en el físico y medio biológico, lo que indica que se trata de un proyecto valioso para el medio natural y por tanto es factible su construcción y operación.

Se identificaron un total de 148 impactos ambientales potenciales. De ellos 115 son impactos benéficos (77.70%), los otros 33 impactos (22.30%) son adversos.

Del total de impactos negativos, solo uno (0.67% del total de los impactos) es permanente (p+) con medidas de mitigación. El resto de los impactos adversos (32, equivalentes al 21.62% del total de los impactos), todos son temporales con medidas de mitigación. La totalidad de estos impactos adversos se anticipan como impactos de magnitud baja (1) y de importancia también baja (1). Estos resultados son el reflejo de que para el desarrollo del proyecto de plantas de tratamiento de aguas residuales y de potabilización de agua por medio de la ósmosis inversa, no requiere de la afectación de áreas adicionales a las ya autorizadas para el desarrollo del hotel, por lo tanto, no se requiere del desmonte, chapeo ni despalme de ninguna superficie que afecte comunidades de flora o fauna nativos.

De los 148 impactos detectados, 51 son permanentes: 50 benéficos y solo 1 adverso, pero con medida de mitigación. Por último, del total de impactos, 97 son temporales (65 de ellos benéficos) y 32 temporales

adversos con medida de mitigación. Todos los impactos adversos son de baja magnitud (1). De igual manera, todos los impactos adversos fueron considerados de baja importancia, y ninguno de mediana o alta importancia.

De los 115 impactos benéficos 65 (56.52%) son temporales, correspondientes en gran parte al contexto socioeconómico en las fases de preparación del sitio y construcción, pero particularmente durante la operación, por los beneficios que este tipo de sistemas significa para el medio ambiente y para el ahorro de recursos naturales de gran importancia como lo es el agua potable. Del resto de los impactos benéficos 50 (43.48%) son permanentes, muchos de ellos en el contexto socioeconómico, pero de los 115 impactos benéficos 20 de ellos se identificaron en los medios biológico y físico, como un reflejo del bajo impacto que tendrá la instalación de estos sistemas hidráulicos y su operación cuando el hotel entre en funcionamiento.

En conclusión, el análisis de las matrices indica que proyecto de plantas de tratamiento de aguas residuales y de potabilización de agua por medio de la ósmosis inversa, tendrá pocos impactos ambientales negativos, de baja magnitud y escasa importancia, además identificando a todos ellos con medidas de mitigación. Así mismo, los numerosos impactos benéficos en los medios biológico, físico y socioeconómico, permiten calificar al proyecto sometido a evaluación en materia de impacto ambiental como altamente positivo. Todo esto permite evaluar el proyecto como ambientalmente viable para su realización y operación.

VI. MEDIDAS PREVENTIVAS Y DE MITIGACIÓN DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES

1. DESCRIPCIÓN DE LA MEDIDA O PROGRAMA DE MEDIDAS DE MITIGACIÓN O CORRECTIVAS POR COMPONENTE AMBIENTAL.

Como resultado del análisis de impacto ambiental del capítulo precedente, a continuación, se presentan las medidas de prevención, mitigación y compensación, que se proponen para disminuir la duración o el grado de afectación de los impactos ambientales adversos detectados, durante la instalación, operación y mantenimiento para la instalación del proyecto de plantas de tratamiento de aguas residuales y de potabilización por medio de la ósmosis inversa. Muchas de ellas son medidas de carácter general aplicables en todas las etapas del proyecto.

1.1. MEDIO FÍSICO

Suelo. Debido a que no se anticipan efectos adversos en este componente ambiental debido a que el proyecto se desplantará en áreas previamente desmontadas, chapeadas y despalmadas, por lo cual el suelo no existe ya, las medidas propuestas están dirigidas principalmente a prevenir la contaminación del suelo por hidrocarburos. Por lo anterior, la maquinaría utilizada deberá estar en buenas condiciones mecánicas y no se permitirá la carga de combustible en el sitio de la obra. La utilización de la maquinaria y equipos dentro del predio, deberá ser revisada y sometidas a programas y sistemas de control que aseguren su buen estado mecánico, con lo cual se evitarán derrames de combustibles, grasas o aditivos dentro de la obra.

Por otro lado, para evitar que superficies del terreno que no están destinadas al sembrado del proyecto, puedan resultar afectadas por el ingreso no permitido de maquinaria pesada y/o de personal, todos los involucrados en las diferentes etapas del proyecto como la obra civil, perforación de pozos o instalación de los equipos, deberán ser supervisados y apegarse a las restricciones establecidas en la obra, y que deberán estar integradas en el Reglamento Interno de Construcción. De igual forma, no será autorizada ningún tipo de infraestructura temporal que puedan significar afectaciones al suelo de otras áreas ajenas al proyecto descrito en este análisis.

Se deberá aplicar un programa de manejo de residuos sólidos, que integra la recolección, manejo, separación, reciclado y minimización adecuada de los residuos sólidos y líquidos (incluyendo posibles derrames de hidrocarburos) que se generen durante las obras.

Para reforzare estos trabajos, se instalarán contenedores debidamente rotulados para el acopio de basura para cada tipo de residuo que se genere (residuos orgánicos, inorgánicos, etc.), los cuales estarán ubicados estratégicamente con la finalidad de que los trabajadores puedan usar dichos contenedores, promoviendo así la separación de la basura de acuerdo con su naturaleza, con la posibilidad de recuperar subproductos reciclables.

Para evitar o reducir significativamente el arrastre de partículas de polvo por los vientos, se deberán regar todos los días y por lo menos tres veces al día, las áreas de trabajo que hayan sido desmontadas y los sitios donde se realicen excavaciones, con la finalidad de evitar la suspensión de partículas, y en su caso, la erosión del suelo por acción eólica y su transporte a las áreas naturales que rodean la zona del proyecto.

Los recursos minerales que se utilicen durante las diferentes etapas del desarrollo deberán provenir de bancos de material que cuenten con los permisos correspondientes para su extracción. En la red de drenaje sanitario se empleará tubería de PVC para reducir el riesgo de fugas e infiltraciones.

Se evitará la acumulación de residuos sólidos, a fin de impedir la generación de malos olores y su dispersión a la atmósfera, trasladándolos periódicamente a los sitios que determine la autoridad municipal para su destino final.

En las zonas donde se practiquen las perforaciones para los diferentes tipos de pozos que requiere el proyecto, se deberán separar y acopiar adecuadamente de manera temporal, los materiales extraídos del subsuelo, a fin de evitar su dispersión hacia áreas de terreno natural produciendo contaminación de aguas saladas o materiales sulfurados.

Los lodos que se utilicen para refrigerar y conducir hacia arriba los fragmentos de la roca hasta llegar a la superficie en las perforaciones de los pozos, deberán utilizar agua en la cual se suspende una fase sólida y un agente gelificante. Deberá prohibirse el uso de la arcilla bentonita (montmorillonita) cuando se combina con aditivos derivados de hidrocarburos, así como fluidos de perforación con base de aceite. Lo anterior es con la finalidad de evitar la contaminación de las áreas perforadas y sus alrededores con estos contaminantes, ya que al ser extraídos los materiales podrían difundirse en el agua subterránea.

Subsuelo. La necesidad de obtener agua en cantidades económicamente explotables ha dado como resultado un alto incremento en la perforación de pozos, que con el tiempo requerirán de mantenimiento y rehabilitación y, en otros casos, al terminar su vida útil, serán clausurados o simplemente abandonados.

Los pozos para extracción de agua son un conducto de comunicación entre el medio ambiente exterior y los acuíferos; el uso o manejo inadecuado de estas instalaciones puede provocar la contaminación de dichos acuíferos. Para evitar que los fluidos de perforación sean un contaminante potencial al subsuelo y los mantos freáticos, se deberán cumplir los requisitos en cuanto a mantenimiento, rehabilitación y cierre de pozos.

Básicamente existen tres tipos de fluidos de perforación: 1) Base aire o gas, 2) Base espuma y 3) Base agua. En el primer caso, aunque el estado físico no es líquido, el aire o gas cumplen las funciones de enfriar, lubricar y limpiar el barreno.

Pueden incluirse en esta clasificación lodos con sólo aire y aire mezclado (con un poco de agua o surfactante); el segundo incluye lodos formados por agentes espumantes, cuya combinación puede ser: sólo espuma, espuma más surfactante y espuma más polímero o bentonita.

En el tercer tipo, el fluido principal es agua, que por sí misma constituye un fluido de perforación al cual se adicionan aditivos, polímeros o simplemente bentonita para mejorar sus propiedades. La mezcla más difundida es agua-bentonita, esta mezcla forma un lodo con características específicas de viscosidad (que permiten acarrear los recortes generados por la acción de corte de la broca hacia la superficie) y densidad que proporcionan la presión necesaria para mantener la estabilidad del barreno, obteniendo con ello una perforación más efectiva.

Es indispensable considerar que el agua utilizada en cualquier etapa de la perforación será de la mejor calidad, es decir, deberá evitarse el uso de aguas tratadas o residuales que intrínsecamente constituyen una fuente de contaminación. Las características químicas y bacteriológicas del agua deben ser identificadas por un análisis de laboratorio con el objetivo evaluar el impacto que tendrá al subsuelo y definir las interferencias potenciales con las sustancias a ser evaluadas.

Para prevenir la contaminación del subsuelo por aceites, grasas e hidrocarburos, la maquinaría estará siempre en buenas condiciones mecánicas y no se permitirá la carga de combustible dentro de la obra ni realizar mantenimiento a la maquinaria utilizada en las obras.

También se deberá evitar la acumulación de residuos de alimentos de los trabajadores, a fin de impedir la proliferación de malos olores y fauna nociva, por lo que la recolecta de residuos se realizará con la frecuencia

necesaria. En este sentido, la habilitación de un comedor para los trabajadores, con todas las medidas de higiene necesarias, permitirá tener un mayor control sobre el manejo de los residuos sólidos.

Será obligatorio que toda la maquinaria que opere durante los trabajos de construcción del proyecto, cuente con recipientes y un equipo preventivo, que permita colectar los hidrocarburos o lubricantes vertidos al suelo por fugas accidentales, así como lonas para evitar que los posibles escurrimientos lleguen al subsuelo y lo contaminen.

Atmósfera. Todas las actividades que requieran el uso de motores de combustión interna, tales como camiones o trascabos, estarán supervisadas antes de su ingreso a la zona de trabajo para asegurar que las máquinas siempre estén en perfectas condiciones mecánicas, reduciendo al mínimo la emisión de gases.

Se evitará el uso innecesario de vehículos automotores y maquinarias en el proceso de preparación del sitio y en la construcción. Los equipos y maquinaria deberán estar en buenas condiciones mecánicas y de afinación, con la finalidad de que la emisión de ruido esté dentro de los límites permitidos por la Norma Oficial Mexicana NOM-081-SEMARNAT-1994, que establece los límites máximos permisibles de emisión de ruido de las fuentes fijas y su método de medición: no rebasará los 68 dB en horario de 6:00 a 22:00 horas.

Las actividades de construcción deberán realizarse exclusivamente durante el día en horas hábiles, para evitar cualquier perturbación a altas horas de la noche. Esto es especialmente relevante debido a la sensible ubicación del predio propuesto para el proyecto, que se encuentra rodeado de los humedales de la laguna Nichupté y por la naturaleza turística de la zona, ya que los turistas realizan hasta altas horas de la noche actividades propias de la vida nocturna.

Los niveles de ruido generado por prácticamente todas estas actividades podrán ser atenuados también con el adecuado funcionamiento de la maquinaria a utilizar. Durante el desarrollo de la obra siempre se mantendrá en buen estado mecánico la maquinaria.

Las áreas donde se puedan generar polvos por el movimiento de máquinas y personas, serán rociados periódicamente con agua para evitar la dispersión de polvo y su arrastre hasta las áreas naturales cercanas. Durante la aplicación de acabados, deberán usarse productos que no dañen la capa de ozono. Los equipos refrigerantes no utilizarán compuestos cloro-fluoro-carbonados (CFC), que dañen la capa de ozono.

Para evitar el fecalismo al aire libre, se deberán colocar letrinas o sanitarios portátiles a razón de uno por cada 20 trabajadores, estratégicamente distribuidos en toda la zona de obra. La empresa contratada deberá dar el mantenimiento adecuado. La constructora deberá colocar letreros donde prohíban defecar al aire libre.

Durante el desarrollo de las actividades estará prohibido el uso del fuego como medio para la disposición final de residuos, materiales o sustancias.

Los materiales de construcción y los residuos sólidos generados, así como el transporte de tierra y basura en camiones fuera del sitio de la obra, deberán ser humedecidos antes de cargarlos, y los vehículos que los trasladen deberán estar cubiertos con una lona para evitar la dispersión de partículas.

Geohidrología. Si bien la relación área-volumen de infiltración que actualmente presenta el predio se verá reducida por la construcción de las dos plantas de tratamiento de aguas residuales, ésta será mínima ya que solo se requiere de la afectación de dos áreas de aproximadamente 3,000 m^2 cada una, a pesar de lo cual el predio en su totalidad mantiene permeable más de un 40% de su superficie. La calidad del agua superficial hace referencia a los flujos hídricos que por escurrimiento puedan alcanzar el subsuelo, particularmente agua pluvial, y que pudiese arrastrar consigo algún contaminante.

En las obras de construcción, cualquier fuga de aceites o combustibles provenientes de la maquinaria o vehículos pueden afectar negativamente la calidad del agua subterránea, esto es especialmente relevante cuando se perforen los pozos o se trabaje en la perforación de pilas y el hincado los pilotes y la realización de las plataformas de cimentación. Por lo anterior, estos trabajos deberán realizarse exclusivamente en las áreas determinadas para la instalación de las plantas de tratamiento y con maquinaria en buen estado de mantenimiento para evitar fugas y accidentes de vertidos.

De igual forma, durante las labores de mantenimiento, particularmente los retoques de pintura de la obra civil que contiene las plantas, podrían provocar que solventes o pinturas caigan al suelo y éstos sean arrastrados por las lluvias al subsuelo y el acuífero. Para evitar que esta situación se presente, se usarán lonas bajo las áreas de trabajo y se evitará el uso de aspersores para los trabajos de pintado, recomendándose el uso de brochas.

Hidrología superficial. Para garantizar la calidad del agua que se produce por los escurrimientos de lluvias, se vea libre de partículas contaminantes provenientes del sitio de la obra, todas las actividades de drenado y cambios de aceites de maquinaria, serán llevadas a cabo en los encierros propios de las empresas contratadas, donde se encuentra dicha maquinaria. Ningún contenedor será movilizado en zonas con suelo permeable para que, en caso de una fuga, se evite la infiltración a través del suelo y que sea transportado por las corrientes subterráneas hacia la laguna.

Durante precipitaciones intensas se habrá de limpiar toda la superficie de obra para evitar que los escurrimientos arrastren basura hacia la zona del manglar y la laguna.

Durante la perforación de los pozos del proyecto, se deberán retirar a tarquinas los lodos y materiales extraídos, para su posterior retiro de la zona, con ello se garantiza que estos materiales no serán arrastrados a los ecosistemas cercanos.

Las instalaciones nunca deberán canalizar las aguas pluviales hacia ningún cuerpo de agua. Las aguas del drenaje pluvial serán inyectadas a pozos de absorción, previamente filtradas con trampas de arena.

Paisaje. Las obras propuestas no se pueden observar desde la zona del Boulevard Kukulcán, ya que solo podrán ser visibles desde la laguna Nichupté por quienes pasan en embarcaciones motorizadas en la zona lagunar. Por otro lado, las obras que se proponen se encuentran alejadas del campo de golf, pero para garantizar que no se producirán afectaciones visuales a los golfistas, se deberá construir un tapial pintado con un color neutro que se pierda en el entorno, de manera que las obras y actividades de la construcción queden ocultos a la vista de los golfistas, turistas y la gente local.

1.2. Medio Biológico

Debido a que la instalación de la infraestructura hidráulica que se propone, no requiere de la afectación de superficies adicionales a las ya evaluadas en materia de impacto ambiental para la construcción del hotel, y que ya han sido desmontadas, el proyecto aquí analizado no requiere de afectaciones a ningún tipo de vegetación, lo cual da como resultado que el análisis de impacto ambiental no anticipa impactos adversos potenciales en este medio biológico.

Actualmente en el predio se están realizando trabajos para favorecer la creación de una cubierta vegetal con especies de plantas nativas que se han obtenido de los rescates que se realizaron previamente al desmonte de las superficies autorizadas para el sembrado de las instalaciones del hotel.

Estos trabajos están incluyendo especies como la palma chit (*Thrinax radiata*), el siricote de playa (*Cordia sebestena*), la uva de mar (*Coccoloba uvifera*), árboles de Chakah (*Bursera simaruba*), palma de guano (*Sabal mexicana*) y akits (*Cascabela gaumeri*). Estos trabajos se deberán reforzar para compensar la pérdida de

vegetación por la construcción del hotel y substituir la vegetación secundaria existente con un horizonte natural de vegetación nativa que favorezca la atracción de fauna en busca de alimento y protección.

Los trabajos de creación de composta para fertilizar las áreas de reforestación y las jardinerías que se están habilitando, se deberán continuar. La jardinería se deberá realizar con flora nativa y con especies de origen tropical, que no afecten ni representen una amenaza invasiva para las zonas con vegetación regional.

En las áreas verdes sólo se emplearán los químicos y fertilizantes aprobados por la CICOPLAFEST (organofosforados de tercera generación). En estas áreas jardinadas no se permitirá la siembra de especies consideradas como invasoras o cualquier otro género capaz de introducir plagas propias de ellas, ni desplazar a la flora nativa.

En este sentido también se deben mencionar los trabajos que se realizan actualmente como parte del Programa de Compensación en Beneficio de los Humedales, que se llevan a cabo en la zona de manglar del Área Natural Protegida Laguna Manatí. Estos trabajos de restauración ambiental se deberán de continuar como parte de las medidas de compensación por la realización del proyecto.

Fauna. Como ya se ha mencionado, previamente al inicio de las obras se realizaron trabajos de rescate de las especies de fauna nativa, con lo cual se alejaron de la zona de construcción todos los individuos que podían resultar afectados por los trabajos.

Para atender la presencia que aún se registra de forma esporádica de las iguanas grises *(Ctenosaura similis*) se deberá mantener al equipo de especialistas en el manejo y captura de estos saurios en la obra, para atender los reportes de cualquier animal que se aviste dentro de la obra, para proceder a su captura y rescate, para transportarlo al polígono 9 donde se han trasladado todos los animales que fueron sujetos a l programa de rescate de fauna nativa.

Por otro lado, se recomienda que estas iguanas sean ahuyentadas cuando se encuentren cerca de los linderos del predio para propiciar su salida hacia las áreas vecinas.

Por ningún motivo se permitirá cazar o molestar a la fauna silvestre. Para difundir estas prohibiciones, se han colocado letreros prohibitivos, preventivos e informativos en todas las áreas de la obra.

Se deberá seguir capacitando con pláticas de educación ambiental a los trabajadores de la obra, para evitar acciones que resulten nocivas a los ejemplares de fauna que pudieran ingresar a las zonas de trabajo.

1.3. MEDIO SOCIOECONÓMICO

Debido a las pequeñas dimensiones del presente proyecto hidráulico, no se anticipan impactos adversos significativos en este medio socioeconómico, y en cambio, se detectan importantes impactos benéficos, de magnitud e importancia medios y altos.

Para garantizar que el proyecto tendrá un efecto social benéfico para la comunidad, la empresa deberá dar prioridad a la contratación de mano de obra local, a menos que se trate de un trabajo altamente especializado y no se encuentre personal de la región para realizarlo, como es el caso del personal técnico especializado en la instalación de los sofisticados equipos de tratamiento de agua que se proponen.

Otras medidas de carácter general que se deberán aplicar para la adecuada gestión de los empleados en las obras, deberán incluir protocolos sanitarios, con el fin de protegerlos contra la pandemia de la enfermedad COVID-19. Estos protocolos de prevención sanitaria deberán contar con un filtro sanitario antes del ingreso del personal a la obra. En este filtro se aplicará el protocolo de Chequeo de temperatura, pase por el túnel sanitizante, lavado de manos y la entrega de cuestionarios COVID-19 a todo el personal de obra y administrativos para que los contesten por escrito, siguiendo los protocolos establecidos por el IMSS para esta pandemia.

Al personal que no presente algún síntoma sospechoso de enfermedad, se le permitirá el acceso al predio del proyecto, siguiendo estrictas medidas de comportamiento y de sanitización, de manera que se garantice que un posible caso asintomático pueda iniciar un brote de contagios entre el personal de la obra.

A fin de evitar accidentes y riesgos de trabajo innecesarios, deberá impedirse a los empleados el consumo de bebidas embriagantes o sustancias enervantes durante la jornada laboral, así como la permanencia en la obra o instalaciones de aquel trabajador que se presente bajo sus efectos. Por otro lado, deberá contarse con los programas de seguridad e higiene que la autoridad competente determine. Se dotará a los encargados de aplicar los acabados de mascarillas contra solventes para evitar intoxicaciones y accidentes.

Cualquier persona ajena que se introduzca a la zona de obras deberá de ponerse un chaleco con líneas fluorescentes y casco protector, como medida de seguridad. Adicionalmente se deberá proporcionar a los trabajadores el equipo de seguridad necesario, dependiendo de su actividad.

Se deberán realizar recorridos por las áreas del predio a fin de detectar oportunamente sitios que se pudieran estar utilizando para defecar al aire libre, realizando un trabajo sanitario que consiste en encalar las zonas donde se detecten heces fecales al ras del suelo, reforzando este trabajo con letreros que muestren gráficamente la prohibición de defecar en el monte. Se deberán proporcionar los servicios sanitarios, a razón de uno por cada 20 trabajadores.

Estas actividades deberán reforzarse con la revisión diaria de los sanitarios portátiles o letrinas ecológicas, para un adecuado control sanitario y motivar a los trabajadores a usarlos. En estos mismos lugares se deberán colocar letreros con instrucciones para que los empleados se laven las manos antes de comer y después de ir al baño.

A los trabajadores se les proporcionará agua purificada para beber con el fin de evitar enfermedades gastrointestinales. Todos los tinacos y recipientes que contengan agua para consumo humano, deberán contar con señalamientos de fácil identificación, para evitar el consumo de agua no potable. Estos tinacos, además de ser llenados con agua potable, deberán ser clorados y muestreados permanentemente para verificar la cantidad de cloro en cada tinaco, manteniendo el agua con una concentración de 1.5 de cloro residual.

Se deberán promover entre los trabajadores campañas de vacunación contra el tétanos, tifoidea, tuberculosis y otras enfermedades infectocontagiosas que puedan ser transmitidas por la estrecha convivencia entre los trabajadores. Adicionalmente, se deberán aplicar medidas de medicina preventiva, tales como la toma de muestras de gota gruesa a todo el personal, para la detección oportuna y tratamiento contra el paludismo; se deberá asimismo repartir entre todos los trabajadores una toma masiva en dosis única de cloroquina y primaquina, para la prevención de esta enfermedad.

2. IMPACTOS RESIDUALES.

Los impactos residuales son aquellos que permanecerán a pesar de la implementación de medidas de prevención, mitigación o compensación propuestas. En el presente proyecto, los impactos residuales identificados son:

1. Cambio en la estructura de una parte del terreno en el predio donde se construirán los recintos para la instalación de las plantas de tratamiento de aguas residuales.
2. Afectación a la población de iguanas que ingresen al predio, al ser ahuyentadas o trasladadas.
3. Afectación reducción en la permeabilidad del suelo.
4. Afectación menor al paisaje desde el Sistema Lagunar Nichupté durante las obras.

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

1. PRONÓSTICO DEL ESCENARIO

1.1. PRONOSTICO DEL ESCENARIO SIN EL PROYECTO

Es innegable que para que una comunidad aspire a mejores niveles de vida, se requiere de la constante creación de empleos de calidad que permita una vida decorosa. Por lo tanto, se aspira a un desarrollo económico sin detrimento del medio ambiente al que tienen derecho todos los mexicanos.

La cuestión que más polémica que se ha generado con el desarrollo de la Zona Hotelera de Cancún, se refiere al peligro de saturación de los servicios básicos que se prestan para atender toda la infraestructura turística.

Tomando en consideración esta problemática, la promovente del proyecto ha decidido dotar al proyecto de dos sistemas que garanticen su autosuficiencia en materia de agua potable y para el tratamiento de sus aguas servidas.

Con base en lo anterior, se puede afirmar que el escenario del hotel sin el proyecto de instalación de las plantas de tratamiento de aguas residuales y de potabilización de aguas salobres mediante el método de ósmosis inversa, resulta desaconsejable ya que se corre el riesgo de la saturación creciente de estos dos servicios públicos fundamentales y que, adicionalmente, tienen repercusiones negativas para el medio ambiente.

La planta de tratamiento de aguas residuales que produce la zona hotelera, manejada por el FONATUR aledaña a la zona arqueológica del Rey, frecuentemente presenta rebosamientos que se filtran al suelo y a la laguna Nichupté, con lo que se convierte en un generador de contaminación a estos ecosistemas por aguas negras.

El otro aspecto relevante es la capacidad de generar su propia agua potable, con lo cual se producen ahorros muy importantes de agua potable, mediante su obtención a partir de los acuíferos hipersalinos de la zona, así como su reutilización en aspectos como el riego de las áreas verdes y reforestadas, sin producir impactos ambientales adversos ni agotando este líquido vital para el resto de la población.

1.2. PRONOSTICO DEL ESCENARIO CON EL PROYECTO Y SUS MEDIDAS PROPUESTAS

Reutilizar el agua se ha vuelto una necesidad para el mundo, ya que, al ser un recurso finito, en algún punto puede llegar a escasear y eso afectaría tanto a los procesos de cada empresa como a la vida humana. Según datos de "Sostenibilidad" al utilizar agua regenerada puede ahorrar un 97% del agua potable, además de que esta práctica ayuda a reducir los costos producidos por el constante consumo de agua.

Las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales son sistemas de limpieza que ofrece el saneamiento adecuado de aguas servidas para que puedan ser reutilizadas o depositadas en el medio ambiente sin dañarlo. En la zona turística de Cancún, con estos sistemas se eliminan las bacterias, toxinas y componentes nocivos del agua que proviene de hoteles, centros comerciales, restaurantes, etc.

Es por lo anterior que se proponen plantas de tratamiento de aguas residuales para disminuir el volumen de descargas a la red municipal, y contar con un reaprovechamiento de las aguas tratadas para riego de las áreas verdes y otros usos compatibles.

Con base en lo anterior, cuando se analiza el escenario que se obtiene con la instalación y operación de estos sistemas para dar servicio al proyecto autorizado mediante bitácora 23QR2018TD152 es que, desde el punto de vista ambiental, se protege a los ecosistemas de la zona, toda vez que se trata de un proyecto de bajo impacto que no ocupa grandes extensiones de terreno ni afecta ecosistemas sensibles y que en cambio, ofrece una excelente alternativa para coadyuvar a no saturar más la zona con un incremento en la demanda de aguas servidas para su tratamiento.

Con lo anterior, entre otras actividades que se están realizando, con estos sistemas se busca ser una empresa ambientalmente responsable, que garantiza sostenibilidad ambiental y urbana, así como para obtener una mayor aceptación de la comunidad cancunense.

Por otro lado, el proyecto que se presenta para su autorización en materia ambiental, contiene otro componente de vital importancia. Se trata de la purificación del agua mediante el uso de tecnologías modernas, cuya finalidad es la de remover contaminantes en el agua hasta ciertas concentraciones, que no representen riesgo para la salud humana.

La puesta en marcha de la potabilización conlleva una serie de ventajas esenciales, entre las cuales se encuentra su capacidad para eliminar hasta un 90 % de los residuos acumulados en el agua (metales pesados, materia orgánica, pesticidas y similares), así como el olor y el color que pudiera tener debido a los sedimentos.

Es un proceso económico, sinónimo de la mejor protección ante enfermedades como el cólera, la hepatitis, enfermedades gastrointestinales, parásitos intestinales, malaria o dengue. Así, la aplicación de un proceso eficaz de potabilización logra proteger a los consumidores de estas dolencias. Su uso es imprescindible para evitar la propagación de las mismas.

Por todos los beneficios antes reseñados, derivados del proyecto que se somete a evaluación, así como por los escasos impactos adversos que se identificaron, es que se anticipa un escenario muy favorable con la realización del presente proyecto para dotar al Proyecto autorizado mediante bitácora 23QR2018TD152, de sistemas modernos para la autosuficiencia en materia de agua potable y tratamiento de aguas servidas. Con lo anterior, el pronóstico con este proyecto, es que se reduce muy significativamente la huella hídrica del desarrollo hotelero.

2. CONCLUSIONES

El contenido de los capítulos IV y V de esta manifestación de impacto ambiental para la construcción y operación del proyecto "**Plantas de tratamiento de aguas residuales y ósmosis inversa"**, permite establecer que el proyecto no causa impactos ambientales críticos por lo que, respetando el formato aplicable, se exponen a continuación las siguientes conclusiones:

El resultado del análisis de las matrices elaboradas para la construcción, instalación de equipos y la operación del proyecto "plantas de tratamiento de aguas residuales y ósmosis inversa, indican que en términos generales no hay impactos ambientales negativos importantes en el medio natural y por tanto es factible su construcción y operación.

El resultado del análisis de las matrices elaboradas para la instalación, operación y mantenimiento del proyecto de plantas de tratamiento de aguas residuales y de potabilización por medio de la ósmosis inversa, indican que se anticipan muy escasos impactos ambientales negativos, los cuales son todos de baja magnitud (1) y baja importancia también (1). Por otro lado, se presenta una gran cantidad de impactos positivos, principalmente en el medio socioeconómico, pero también en el físico y medio biológico, lo que indica que se

trata de un proyecto valioso para el medio natural y por tanto es factible su construcción y operación.Se identificaron un total de 148 impactos ambientales potenciales. De ellos 115 son impactos benéficos (77.70%), los otros 33 impactos (22.30%) son adversos.

Del total de impactos negativos, solo uno (0.67% del total de los impactos) es permanente (p+) con medidas de mitigación. El resto de los impactos adversos (32, equivalentes al 21.62% del total de los impactos), todos son temporales con medidas de mitigación. La totalidad de estos impactos adversos se anticipan como impactos de magnitud baja (1) y de importancia también baja (1). Estos resultados son el reflejo de que para el desarrollo del proyecto de plantas de tratamiento de aguas residuales y de potabilización de agua por medio de la ósmosis inversa, no requiere de la afectación de áreas adicionales a las ya autorizadas para el desarrollo del hotel, por lo tanto, no se requiere del desmonte, chapeo ni despalme de ninguna superficie que afecte comunidades de flora o fauna nativos.

De los 148 impactos detectados, 51 son permanentes: 50 benéficos y solo 1 adverso, pero con medida de mitigación. Por último, del total de impactos, 97 son temporales (65 de ellos benéficos) y 32 temporales adversos con medida de mitigación. Todos los impactos adversos son de baja magnitud (1). De igual manera, todos los impactos adversos fueron considerados de baja importancia, y ninguno de mediana o alta importancia.

De los 115 impactos benéficos 65 (56.52%) son temporales, correspondientes en gran parte al contexto socioeconómico en las fases de preparación del sitio y construcción, pero particularmente durante la operación, por los beneficios que este tipo de sistemas significa para el medio ambiente y para el ahorro de recursos naturales de gran importancia como lo es el agua potable. Del resto de los impactos benéficos 50 (43.48%) son permanentes, muchos de ellos en el contexto socioeconómico, pero de los 115 impactos benéficos 20 de ellos se identificaron en los medios biológico y físico, como un reflejo del bajo impacto que tendrá la instalación de estos sistemas hidráulicos y su operación cuando el hotel entre en funcionamiento.

En conclusión, el análisis de las matrices indica que proyecto de plantas de tratamiento de aguas residuales y de potabilización de agua por medio de la ósmosis inversa, tendrá pocos impactos ambientales negativos, de baja magnitud y escasa importancia, además identificando a todos ellos con medidas de mitigación. Así mismo, los numerosos impactos benéficos en los medios biológico, físico y socioeconómico, permiten calificar al proyecto sometido a evaluación en materia de impacto ambiental como altamente positivo. Todo esto permite evaluar el proyecto como ambientalmente viable para su realización y operación.

VIII. LITERATURA CONSULTADA

Álvarez C., J. N. y M. E. Islas L., 1993. Análisis del zooplancton durante dos regímenes hidrológicos (secas y lluvias) en una laguna eutrofizada en el caribe mexicano. Res. V Congr. Latinoamer. de Cienc. del Mar. cartel 106.

Alvarez S., C. V., 1993. Análisis de la distribución y abundancia de los moluscos de la laguna de Bojórquez, Quintan Roo, México. Tesis profesional. Fac. de Cienc. UNAM.

Alvarez C., J. N. y Segura P., L., 1997. Variabilidad del zooplancton y reuniones de especies de copépodos de una laguna costera tropical. Gulf Res. Rep. 9 (4): 345-355.

Back, W., 1985. Hydrology of the Yucatan. En: Geology and Hydrogeology of the Yucatan and Quaternary Geology of Northeastern Yucatan Peninsula. New Orleans Geological Society, New Orleans, L.A. 160 pp.

Barrera, M. A., 1964. La Península de Yucatán como Provincia Biótica. Centro de Estudios Mayas, Instituto Nacional de Antropología e Historia, Universidad de Mérida (Yucatán). México. 44p.

Buterlin, J., 1960. Reconocimiento Geológico del Territorio de Quintana Roo. Bol. Asoc. Mex. Geol. Petrol. México, D.F.

CIQRO. 1982. Imágenes de la Flora Quintanarroense. Centro de Investigaciones de Quintana Roo. CIQRO. Puerto Morelos, Quintana Roo. 224 pp.

CONAMP. 2005. Estudio previo justificativo para el establecimiento del área natural protegida Parque Nacional Manglares de Nichupté. Quintana Roo. México

Collado V., C., 1987. Estudio ecológico de las algas filamentosas como un grupo funcional de la laguna de Bojórquez, Cancún. Tesis de maestría, ICML. UNAM, México, 102 p.

Collado V., L., J. González G. y M. Gold M., 1990. Estudio taxonómico-ecológico de la forma de crecimiento masa flotante de algas de la laguna de Bojórquez, Cancún, México. Res. II Congr. Cienc. del Mar. 23.

Collado V., C. M. L., 1992. Estudio fisionómico-arquitectónico de las algas del sistema lagunar de Nichupté, Quintana Roo, México. Tesis de doctorado. Fac. de Ciencias. UNAM.

Collado-Vides, L. y J. González-González. 1993. Macroalgas del Sistema Lagunar de Nichupté. In: Salazar-Vallejo, S. y N. González (eds.). Biodiversidad marina y costera de México. CIQROCONABIO. México, D.F. pp. 752-760.

L. Collado-Vides, J. González-González and M. Gold-Morgan.1994. A Descriptive Approach to the Floating Masses of Algae of a Mexican Caribbean Coastal Lagoon. Botanica Marina. Vol. 37, pp. 391-396.

Collado-Vides L., Gonzalez-Gonzalez J. y Ezcurra Exequiel. 1995. Patrones de distribución ficoflorística en el sistema lagunar de Nichupté, Quintana Roo, México. Acta Botánica Mexicana, 31:19-32.

CONANP. 2015. Programa de Manejo Área de Protección de Flora Y Fauna Manglares de Nichupté. SEMARNAT. 130 pp.

CARBAJAL, N. 2009. Hidrodinámica y transporte de contaminantes y sedimentos en el Sistema Lagunar de Nichupté-Bojórquez, Quintana Roo. Instituto Potosino de Investigación Científica y Tecnológica, A.C. Informe final SNIB-CONABIO proyecto

No. CQ063. México D. F. CONAPO (2005). Delimitación de Zonas Metropolitanas de México, Consejo Nacional de Población (CONAPO) y Secretaría de Desarrollo Social (SEDESOL).

Czitrom B., S. y M. Merino I., 1990. Hidrología y lavado por lluvia del sistema lagunar Nichupté, Cancún, México. Res. II Congr. Cienc. del Mar. 8.

Dawes, Clinton J. 1991. - Botánica marina. Primera edición Primera reimpresión. México; Limusa, 672 páginas.

De la Cruz A., G., 1993. Estudio del ecotono entre las comunidades bentónicas de las lagunas de Nichupté y Bojórquez, Cancún, Quintana Roo, México. Res. V Congr. Latinoamer. de Cienc. del Mar. cartel 228.

Diario Oficial de la Federación, NOM – 059 – SEMARNAT – 2001, protección ambiental-especies nativas de México de flora y fauna silvestres-categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio-lista de especies en riesgo. 6 de marzo del 2002

Flores, J. S. y I. Espejel, 1994. Etnoflora Yucatanense; Fascículo 3: Tipos de Vegetación de la Península de Yucatán. Universidad Autónoma de Yucatán. Mérida, Yucatán, México. 135p.

Gallegos M., M., A. González L., E. Reyes G. y M. Merino I., 1990. Alteraciones ecológicas de la laguna de Bojórquez asociadas al desarrollo de Cancún, México. Res. II Congr. Cienc. del Mar. 58.

Gallegos M., M., E., 1995. Dinámica de poblaciones y crecimiento de los pastos marinos caribeños Thalassia testudinum Banks ex König, Syringodium filiforme Kütz. y Halodule wrightii Ascherson. Tesis de Doctor en Ciencias. Fac. de Ciencias, UNAM. 70 p.

Gaona Vizcaíno, S., Gordillo de Anda T. y Villasuso Pino M., 1980. Cenotes, Karst característico: mecanismos de formación. Univ. Nal. Autón. México, Inst. de Geología, Rev. vol. 4, núm. 1 (1980). p. 32-36.

García, E., 1986. Apuntes de Climatología. 5ª edición corregida y aumentada. México. 60 p.

García, E., 1973. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. Apuntes de Climatología. Talleres Larios. México, D.F.

Gobierno del Estado de Quintana Roo, 1994. Acuerdo de Coordinación para el Ordenamiento Ecológico de la región denominada Corredor Cancún-Tulum. Periódico Oficial del Estado de Quintana Roo, Tomo X. No. 7 extraordinario, 5ª Época. 9 de junio de 1994.

Gobierno Federal de los Estado Unidos Mexicanos. DECRETO por el que se declara área natural protegida, con el carácter de Parque Marino Nacional, la zona conocida como Costa Occidental de Isla Mujeres, Punta Cancún y Punta Nizuc, ubicada frente a las costas de los Municipios de Isla Mujeres y Benito Juárez, Estado de Quintana Roo, con una superficie total de 8,673-06-00 hectáreas. 19 de julio de 1996.

Gobierno Federal de los Estado Unidos Mexicanos. DECRETO por el que se declara área natural protegida, con la categoría de área de protección de flora y fauna, la región conocida como Manglares de Nichupté, localizada en el Municipio de Benito Juárez, en el Estado de Quintana Roo. Diario Oficial de la Federación. 26 de febrero de 2008.

Gobierno del Estado de Quintana Roo. 2019. Programa Municipal de Desarrollo Urbano de Benito Juárez, Quintana Roo 2018-2030, publicado en el Periódico Oficial del Gobierno del estado Tomo I, No. 39 Extraordinario, Novena Época, el pasado 17 de abril de 2019.

Gonzalez L., A., 1989. Hidrología y nutrientes en la laguna Bojórquez, Cancún, Q. Roo. Tesis de maestría. UNAM. 116 p.

Gonzalez L., A., M. Merino I. y S. Czitrom B., 1992. Laguna Bojórquez, Cancún: Un sistema de características marinas controlado por la atmósfera. An. Inst. Cienc. del Mar y Limnol. UNAM. 19 (1): 57-70.

Gutiérrez-Aguirre, M.A. Adrián Cervantes-Martínez (Compliadores). 2008. Estudio geohidrológico del norte de Quintana Roo, México. Universidad de Quintana Roo (UQROO), Unidad Cozumel

Islas L., M. E. y J. N. Álvarez C., 1992. Estudio preliminar del zooplancton de la laguna Bojórquez, Cancún. SOMPAC VI. 30

Jordán D., E., 1978. Prospección biológica de la laguna de Nichupté, Cancún, Quintana Roo. Nota científica. An. Centro Cienc. del Mar y Limnol. UNAM 5 (1): 179-188.

Jordán, E., E. Martin, P. Thomé y M. Merino, Informe presentado a FONATUR Circulación e hidrología del Sistema lagunar Nichupté, Cancún, Quintana Roo, México 1983. 72p. México. I,

Lee, J. C, 1980. An ecogeographic analysis of the herpetofauna of the Yucatan Peninsula. University of Kansas. Lawrence Miscellaneous Publications, 67.

Lee, J. C, 1996. The amphibians and reptiles of the Yucatan Peninsula. Comstock Publishing Associates. Cornell University Press. 500 pp.

Lee, J. C, 2000. A field guide to the amphibians and reptiles of the maya world. The lowlands of Mexico, northern Guatemala, and Belize. Comstock Publishing Associates. Cornell University Press. 402 pp.

Ley de Aguas Nacionales, publicada en el Diario Oficial de la Federación el 1º de diciembre de 1992 y presenta una última reforma publicada en el Diario Oficial de la Federación el 6 de enero de 2020.

Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA), publicada en el Diario Oficial de la Federación el 28 de enero de 1988, última reforma publicada el 16 de enero de 2014.

Ley General de Vida Silvestre. Nueva Ley publicada en el Diario Oficial de la Federación el 3 de julio de 2000. Última reforma publicada DOF 19-01-2018.

MacKinnon, B. 1995. Las aves de Isla Cancún 1974 – 1983. Amigos de Sian Ka'an, Boletín 14. Número especial. Pp 12 – 14 y anexo Listado de aves y flora de Isla Cancún. Gpo. Ed. Regiomontano S.A. de C.V. Cancún, Quintana Roo.

Merino M. y F. G. Ruiz, 1989. Research advances on the Nichupte lagoon system leading to it's management. En: CHAVEZ, A (ed.). Proceedings of the workshop Australia-Mexico on Marine Sciences, Julio 6-17. Centro de Investigaciones y de Estudios Avanzados del IPN - U. Mérida, México.

Merino M., E. Czitrom, E. Jordan, E. Martin, P. Thome y O. Moreno, 1990. Hydrology and rain flushing of the Nichupte lagoon system, Cancun, Mexico. Estuarine, Coastal and Shelf Science 30: 223-237.

Morales B., J.J., 1995. La Gran Selva Maya. Serie: Sian Ka'an, Introducción a los Ecosistemas de la Península de Yucatán. Amigos de Sian Ka'an, A.C. Cancún, Quintana Roo, México. 160p.

Navarro-Mendoza, M., L. Colmenero-Rolón, E. Bravo-Núñez, J. González V, L. A. Guillermo, F. Cruz-Abrego, M. A. Fuentes y M. A. Baez, 1997. Estudios ecológicos preliminares del Sistema Lagunar de Chacmochuk, Quintana Roo, México. Reporte final de Investigación. Gobierno del Estado de Quintana Roo, Secretaría de Infraestructura, Medio Ambiente y Pesca. 86p.

Norma Oficial Mexicana NOM-001-SEMARNAT-1996, Que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en aguas y bienes nacionales para quedar como proyecto de modificación de la Norma Oficial Mexicana PROY-NOM-001-SEMARNAT-2017, Que establece los límites permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en cuerpos receptores propiedad de la nación. Publicada en el Diario Oficial de la Federación el 5 de enero de 2018.

Norma Oficial Mexicana NOM-003-ECOL-1997, Que establece los límites máximos permisibles de contaminantes para las aguas residuales tratadas que se reúsen en servicios al público, publicado el 14 de enero de 1998. Publicada en el Diario Oficial de la Federación el 14 de agosto de 1998.

Norma Oficial Mexicana NOM-004-SEMARNAT-2002, Protección ambiental. - Lodos y biosólidos. -Especificaciones y límites máximos permisibles de contaminantes para su aprovechamiento y disposición final. Publicada en el Diario Oficial de la Federación el 15 de agosto de 2003.

NORMA Oficial Mexicana NOM-127-SSA1-1994, Salud ambiental, agua para uso y consumo humano-Lí-mites permisibles de calidad y tratamientos a que debe someterse el agua para su potabilización. Publicada en el Diario Oficial de la Federación el 18 de enero de 1996.

Norma Oficial Mexicana NOM-022-SEMARNAT-2003. Que establece las especificaciones para la preservación, conservación, aprovechamiento sustentable, y restauración de los humedales costeros en zonas de manglar. Publicada en el Diario Oficial de la Federación el 10 de abril de 2003. Se incluye también el "Acuerdo que adiciona la especificación 4.43 a la Norma Oficial Mexicana NOM-022-SEMARNAT-2003. Que establece las especificaciones para la preservación, conservación, aprovechamiento sustentable y restauración de los humedales costeros en zonas de manglar. Publicada en el Diario Oficial de la Federación el 7 de mayo de 2004.

Popowski C., G., J. N. Alvarez C., G. Delgado M. y M. Sanchez L., 2000. Composición y abundancia del fitoplancton de la laguna de Bojórquez, Cancún, México. p 75-76. En: Estudios sobre plancton en México y el Caribe. E. Ríos-Jara, E. Juárez-Carrillo, M. Pérez-Peña, E. López-Uriarte, E. G. Robles-Jarero, D. U. Hernández-Becerril y M. Silva-Briano (eds.). Sociedad Mexicana de Planctología y Universidad de Guadalajara. 147 p.

Programa de Ordenamiento Ecológico Local del Municipio de Benito Juárez. Actualización. Publicado el 27 de febrero 2014, en el periódico oficial del estado de Quintana Roo, Tomo I, Número 19 extraordinario, Octava época.

Reglamento de la ley general del equilibrio ecológico y la protección al ambiente en materia de evaluación del impacto ambiental. Nuevo Reglamento publicado en el Diario Oficial de la Federación el 30 de mayo de 2000. Última reforma publicada DOF el 31-10-2014.

Resendez M., A., 1977. Lista preliminar de peces colectados en las lagunas de Nichupté y Bojórquez, Cancún, Quintana Roo, México. An. Inst. Biol. UNAM 46. Ser. Zool. (1): 87-100.

Reyes E. y M. Merino, 1991. Diel dissolved oxygen dynamics and eutrophication in a shallow, well-mixed tropical lagoon (Cancún, México). Estuaries 14 (4): 372-381.

Ruiz R., F. y M. Merino I., 1989. Upwelling off the North Coast of the Yucatan Peninsula. En: CHAVEZ, A (ed.). Proceedings of the workshop Australia-Mexico on Marine Sciences, Julio 6-17. Centro de Investigaciones y de Estudios Avanzados del IPN - U. Mérida, México.

Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, 2010. Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010, que determina las especies y subespecies de flora y fauna silvestres terrestres y acuáticas en peligro de extinción, amenazadas, raras y las sujetas a protección especial, y que establece especificaciones para su protección. Diario Oficial de la Federación 2010. México, D.F.

Serviere, E., Leon A., D. y González G., J., 1987. Estudio ficoflorístico de la laguna de Bojórquez, Quintana Roo. Res. X Congr. Mex. de Botánica. 400.

Serviere-Zaragoza, E., L. Collado-Vides y J. González-González. 1992. Caracterización ficológica de la Laguna de Bojórquez, Quintana Roo, México. Carib. J. Sci. 28: (3-4): 126-136.