RESUMEN EJECUTIVO

Manifestación de Impacto Ambiental Modalidad Particular

Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales y Ósmosis Inversa para el Condominio Maestro Punta Paraíso

I DATOS GENERALES DEL PROYECTO

I.1. Nombre del Proyecto

"*Planta de Tratamiento de Aguas Residuales del Condominio Maestro Playa Paraíso*"[1]

I.2. Ubicación del Proyecto

El Proyecto se pretende en el Lote 044-1, Manzana 021 en la localidad de Paamul, Quintana Roo

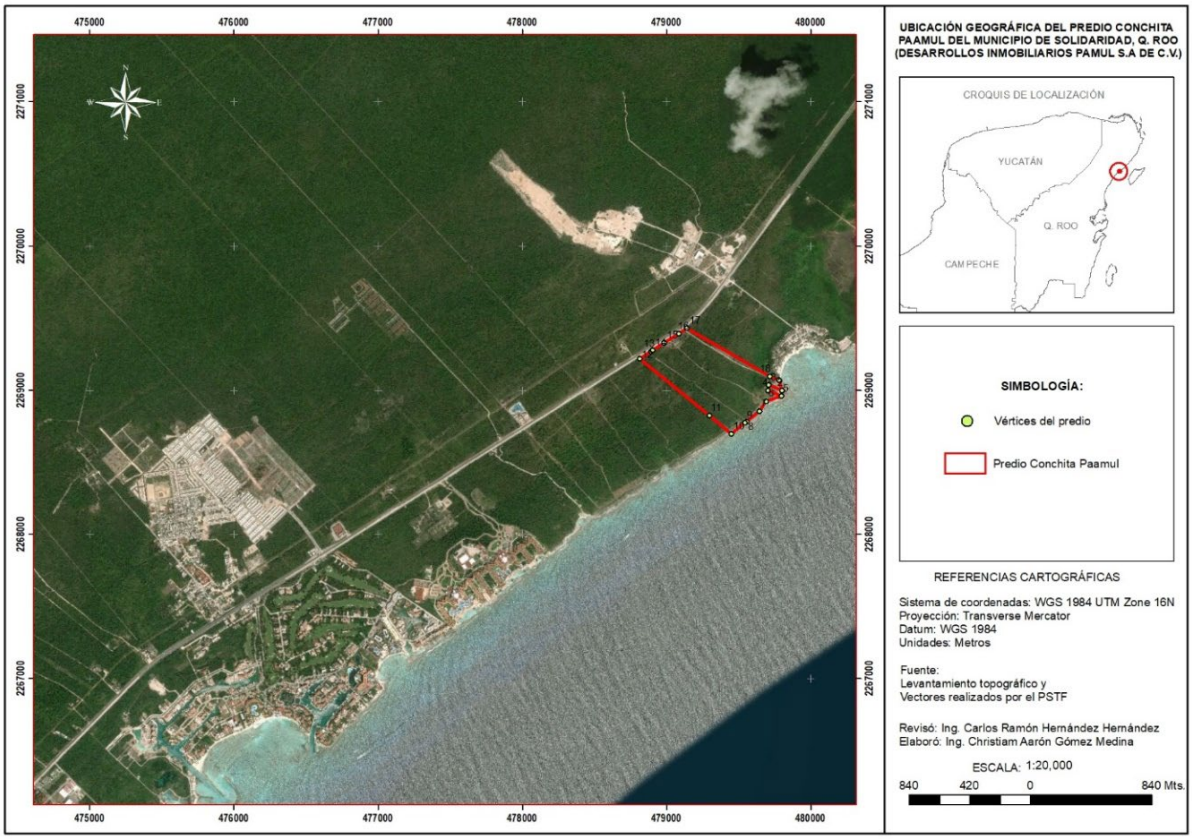


Imagen **¡Error! No hay texto con el estilo especificado en el documento.**-1.- Ubicación del predio del Proyecto.

I.3. Datos Generales del Promovente.

1.1.1 Nombre o Razón Social.

[1] El Plan Maestro del Proyecto Punta Paraíso fue autorizado, en materia de impacto ambiental y cambio de uso de suelo en terrenos forestales, a través de la resolución 04/SGA/0638/2023, de fecha 27 de marzo de 2023.

1.1.2 Direcciones del Promovente para oír y recibir notificaciones.

1.1.3 Responsable de la Elaboración de la Manifestación de Impacto Ambiental

II DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO.

II.1 ANTECEDENTES TÉCNICOS RELEVANTES

Por razones técnico administrativas, en el DTU-B preparado para el proyecto Lotificación y Urbanización del Lote 044-1 Manzana 021, Municipio de Solidaridad, Quintana Roo, se decidió que el procedimiento de evaluación de la planta de tratamiento de aguas residuales fuera realizado por separado. Esto se indicó de manera reiterada en el DTU-B de referencia como se muestra a continuación:

II.2 UBICACIÓN FÍSICA DEL PROYECTO

Se especifica y se manifiesta expresamente que el área de servicios (AC-01) corresponde al espacio considerado para la localización de la planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR) y de ósmosis inversa (OI) para la potabilización las cuales no se sujetan al Procedimiento de Evaluación en Materia del Impacto Ambiental y sí al de Cambio de Uso de Suelo En Terrenos Forestales en las siguientes coordenadas:

Tabla 1 Coordenadas de localización de las plantas de OI y PTAR

Coordenadas UTM, Datum WGS 84				
Vértice	***PTAR***		***Ósmosis inversa***	
	X	*Y*	*X*	*Y*
1	478875.4081	2269220.058	478917.6517	2269185.421
2	478909.2961	2269192.278	478929.5358	2269175.645
3	478902.3173	2269183.733	478924.1852	2269169.152
4	478895.0155	2269174.885	478912.2875	2269178.927
5	478882.8969	2269184.827	478917.6517	2269185.421
6	478883.4679	2269185.52		
7	478872.4881	2269194.521		
8	478875.3367	2269197.982		
9	478865.3928	2269206.155		
10	478864.571	2269206.833		
11	478870.3567	2269213.899		
12	478875.4081	2269220.058		

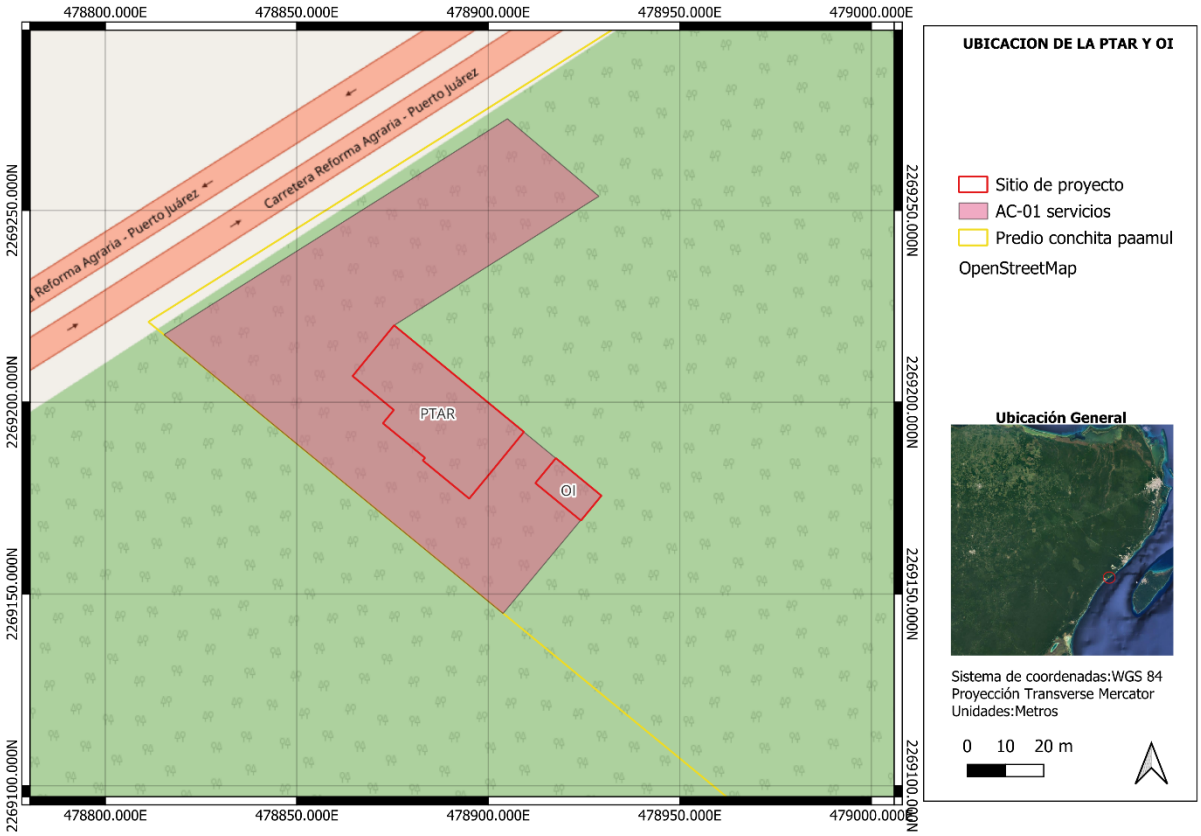


Imagen 2.- Ubicación del del Proyecto

II.3 DURACIÓN DEL PROYECTO.

En el contexto operativo del proyecto inmobiliario, la planta de tratamiento de aguas residuales será permanente y, al estar asociada a la vida útil del proyecto, se estima una vida útil en operación y mantenimiento de 30 años.

II.4 NATURALEZA DEL PROYECTO.

La propuesta de depuración sanitaria que se somete a evaluación a través de esta MIA-P, implica la construcción, instalación, operación y mantenimiento de una Planta de Tratamiento de Aguas Residuales y de ósmosis inversa (OI) para el Condominio Maestro Lotificación y Urbanización del Lote 044-1 Manzana 021, Municipio de Solidaridad, Quintana Roo. La resolución favorable para el plan maestro fue notificada al promovente el día 28 de marzo de 2023, recibiéndose el oficio original No. 04/SGA/0638/2023 folio 1353, de fecha 27 de marzo de 2023 medio por el cual se autorizó, de manera condicionada, el desarrollo del Proyecto deferido.

II.4.1 Cronograma general de Actividades.

A continuación, se presenta el Programa General de Trabajo que considera las diferentes etapas del Proyecto:

Tabla 2 Programa General de Trabajo

CONCEPTO	PROGRAMA GENERAL DE TRABAJO																													
	SEMESTRE 1 (meses)						SEMESTRE 2 (meses)						AÑO 2 (bimestres)						AÑO 3 (bimestres)						AÑO 4 (bimestres)					
	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6
Actividades sucesivas planificadas una vez que se cuente con todos los permisos																														
Preparación del sitio																														
Notificación de inicio de actividades																														
Delimitación topográfica del área del Proyecto																														
Capacitación a los trabajadores																														
Identificación de las plantas susceptibles al rescate. (Según PIMA autorizado)																														
Rescate y alejamiento de fauna. (Según PIMA autorizado)																														
Establecimiento, acondicionamiento y mantenimiento del vivero temporal.																														

CONCEPTO	PROGRAMA GENERAL DE TRABAJO																													
	SEMESTRE 1 (meses)						SEMESTRE 2 (meses)						AÑO 2 (bimestres)						AÑO 3 (bimestres)						AÑO 4 (bimestres)					
	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6
(Según PIMA autorizado)																														
Ejecución del Cambio de Uso de Suelo autorizado. (Según autorización)																														
Desmonte																														
Despalme																														
Manejo de las especies vegetales para su conservación dentro del vivero. (Según PIMA autorizado)																														
Almacenamiento y triturado de material vegetal																														
Retirado del material vegetal resultante del desmonte.																														
Nivelación y compactación																														
<u>Etapa de construcción</u>																														

CONCEPTO	PROGRAMA GENERAL DE TRABAJO																													
	SEMESTRE 1 (meses)						SEMESTRE 2 (meses)						AÑO 2 (bimestres)						AÑO 3 (bimestres)						AÑO 4 (bimestres)					
	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6
Edificación de la obra civil PTAR FASE 1																														
Excavación del pozo																														
Instalaciones hidráulicas																														
Montaje de la línea de depuración																														
Instalación de sistemas, instrumentos y consolas de control.																														
Limpieza de la obra terminada																														
Inicio de operaciones de la PTAR																														
<u>Etapa de operación y mantenimiento</u>																														
Edificación de la PTAR FASE 2																														
Finalización de la PTAR FASE 2																														
Puesta en operación de la PTAR FASE 2																														

CONCEPTO	PROGRAMA GENERAL DE TRABAJO																													
	SEMESTRE 1 (meses)						SEMESTRE 2 (meses)						AÑO 2 (bimestres)						AÑO 3 (bimestres)						AÑO 4 (bimestres)					
	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6
Mantenimiento de la PTAR																														

II.4.2 PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES

El sistema de tratamiento de aguas residuales planteado constituye una obra complementaria que servirá para tratar las aguas servidas generadas en las unidades habitacionales y amenidades.

Se plantea una estación depuradora escalable, en dos etapas, de acuerdo con los avances del proyecto y la carga de usuarios.

La primera fase parte del diseño para tratar un caudal promedio de 500 m3/día (6,26 lps), la segunda fase permitirá tratar hasta 1,000 m3/día (11,57 lps).

En el contexto de la Condicionante 9 de la resolución 04/SGA/0638/2023, se mandata un sistema de tratamiento terciario de las aguas servidas, esta particularidad corresponde a la etapa más avanzada y completa del proceso de tratamiento de aguas residuales. Se aplica después del tratamiento primario y secundario y tiene como objetivo eliminar los contaminantes restantes que pudieran no haber sido removidos en las etapas anteriores.

El tratamiento terciario utiliza una variedad de tecnologías y procesos para lograr una eliminación más completa de los contaminantes, incluyendo sustancias orgánicas, nutrientes, patógenos y compuestos químicos. Algunos de los métodos comunes utilizados en el tratamiento terciario incluyen:

Filtración avanzada: se utilizan medios de filtración como arena, carbón activado o membranas para eliminar partículas finas, materia orgánica disuelta y algunos compuestos químicos.

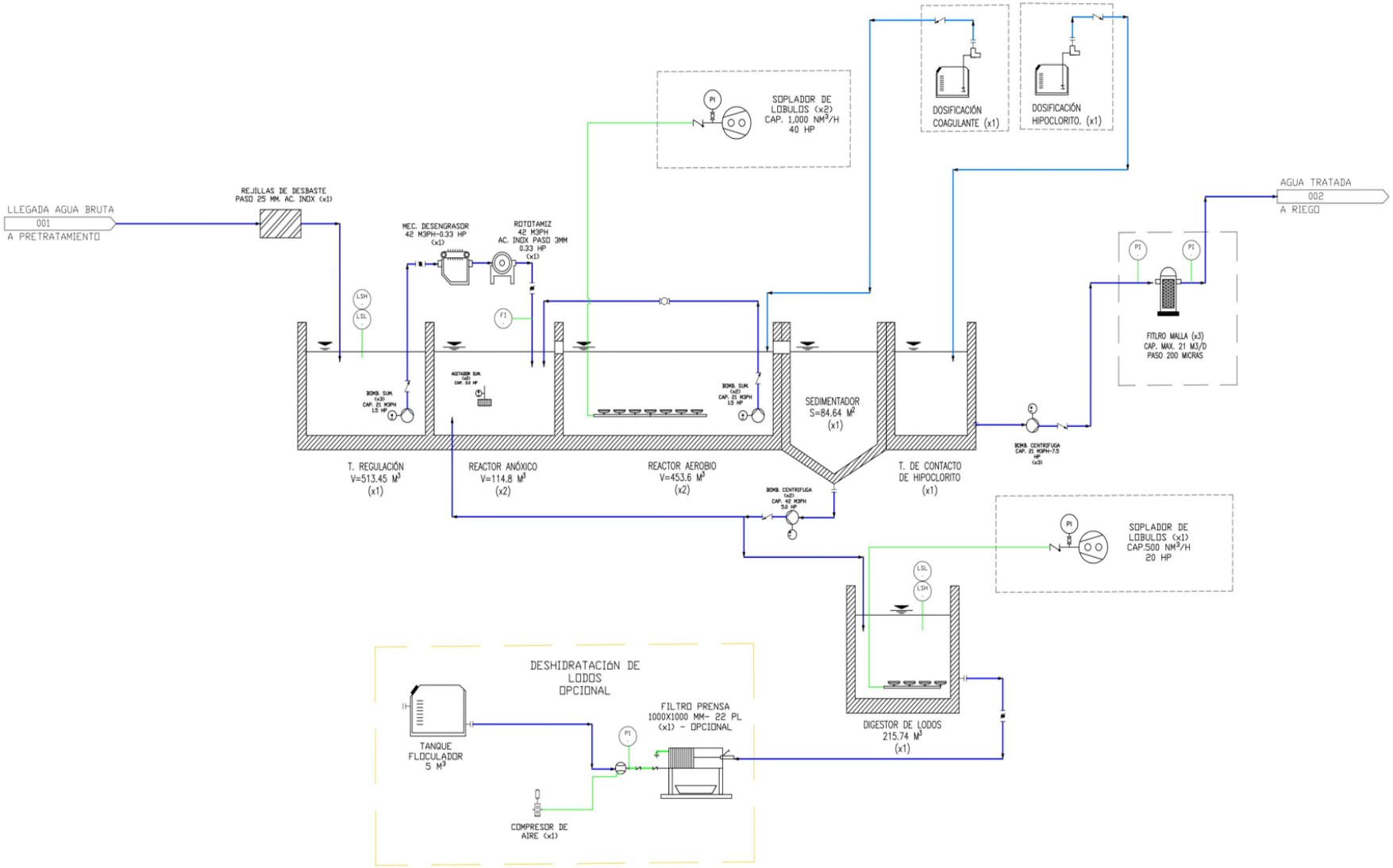
Desinfección: se utilizan agentes químicos o procesos físicos para destruir o inactivar los microorganismos patógenos restantes, como bacterias, virus y protozoos. Los métodos de desinfección comunes incluyen la cloración, la irradiación ultravioleta y la desinfección por ozono.

Eliminación de nutrientes: en esta etapa, se remueven los nutrientes como el nitrógeno y el fósforo, que pueden contribuir al crecimiento excesivo de algas y causar problemas ambientales en los cuerpos de agua receptores. Los métodos utilizados pueden incluir la desnitrificación, la eliminación de fósforo mediante la adición de productos químicos y procesos de precipitación.

Tratamiento de compuestos específicos: en algunos casos, puede ser necesario aplicar técnicas adicionales para eliminar contaminantes específicos, como productos químicos tóxicos o compuestos orgánicos persistentes. Estos métodos pueden incluir la adsorción en carbón activado, la oxidación avanzada o la descomposición biológica específica.

El tratamiento terciario de aguas residuales es particularmente importante en áreas donde los efluentes tratados se reutilizan para fines como riego agrícola, recarga de acuíferos o que se reusen en servicios al público.

Este nivel de tratamiento es deseable en situaciones en las que los cuerpos de agua receptores son especialmente sensibles ya que implican los estándares de calidad del agua más exigentes.


LLEGADA AGUA BRUTA
001
A PRETRATAMIENTO
REJILLAS DE DESBASTE
PASO 25 MM. AC. INOX (x1)
MEC. DESENGRASOR
42 M3PH-0.33 HP
(x1)
ROTOTAMIZ
42 M3PH
AC. INOX PASO 3MM
0.33 HP
(x1)
SOPLADOR DE
LOBULOS (x2)
CAP. 1,000 NM3/H
40 HP
DOSIFICACIÓN
COAGULANTE (x1)
DOSIFICACIÓN
HIPOCLORITO. (x1)
AGUA TRATADA
002
A RIEGO
FILTRO MALLA (x3)
CAP. MAX. 21 M3/D
PASO 200 MICRAS
SEDIMENTADOR
S=84.64 M2
(x1)
T. REGULACIÓN
V=513.45 M3
(x1)
REACTOR ANÓXICO
V=114.8 M3
(x2)
REACTOR AEROBIO
V=453.6 M3
(x2)
T. DE CONTACTO
DE HIPOCLORITO
(x1)
SOPLADOR DE
LOBULOS (x1)
CAP.500 NM3/H
20 HP
DIGESTOR DE LODOS
215.74 M3
(x1)
DESHIDRATACIÓN DE
LODOS
OPCIONAL
TANQUE
FLOCULADOR
5 M3
FILTRO PRENSA
1000X1000 MM- 22 PL
(x1) - OPCIONAL
COMPRESOR DE
AIRE (x1)

II.4.3 SISTEMA DE OSMOSIS INVERSA

Características generales del sistema de osmosis inversa

Para entender el proceso de la ósmosis inversa primero hay que definir que la ósmosis; la ósmosis es un fenómeno en el que las moléculas se mueven pasando a través de una membrana semipermeable porosa, de una región de menor concentración a otra de mayor concentración, siendo el objetivo de la membrana el igualar las concentraciones de ambos lados.

Un ejemplo para ello es, 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, a esta afluencia de partículas hacia la zona de menor concentración es conocida como presión osmótica.

En la ósmosis inversa se usa una presión superior a la presión osmótica, consiguiendo un efecto contrario. Cuanto mayor sea la presión aplicada, el flujo de permeado aumenta de forma proporcional. Los factores que afectan al proceso de filtración por la membrana son:

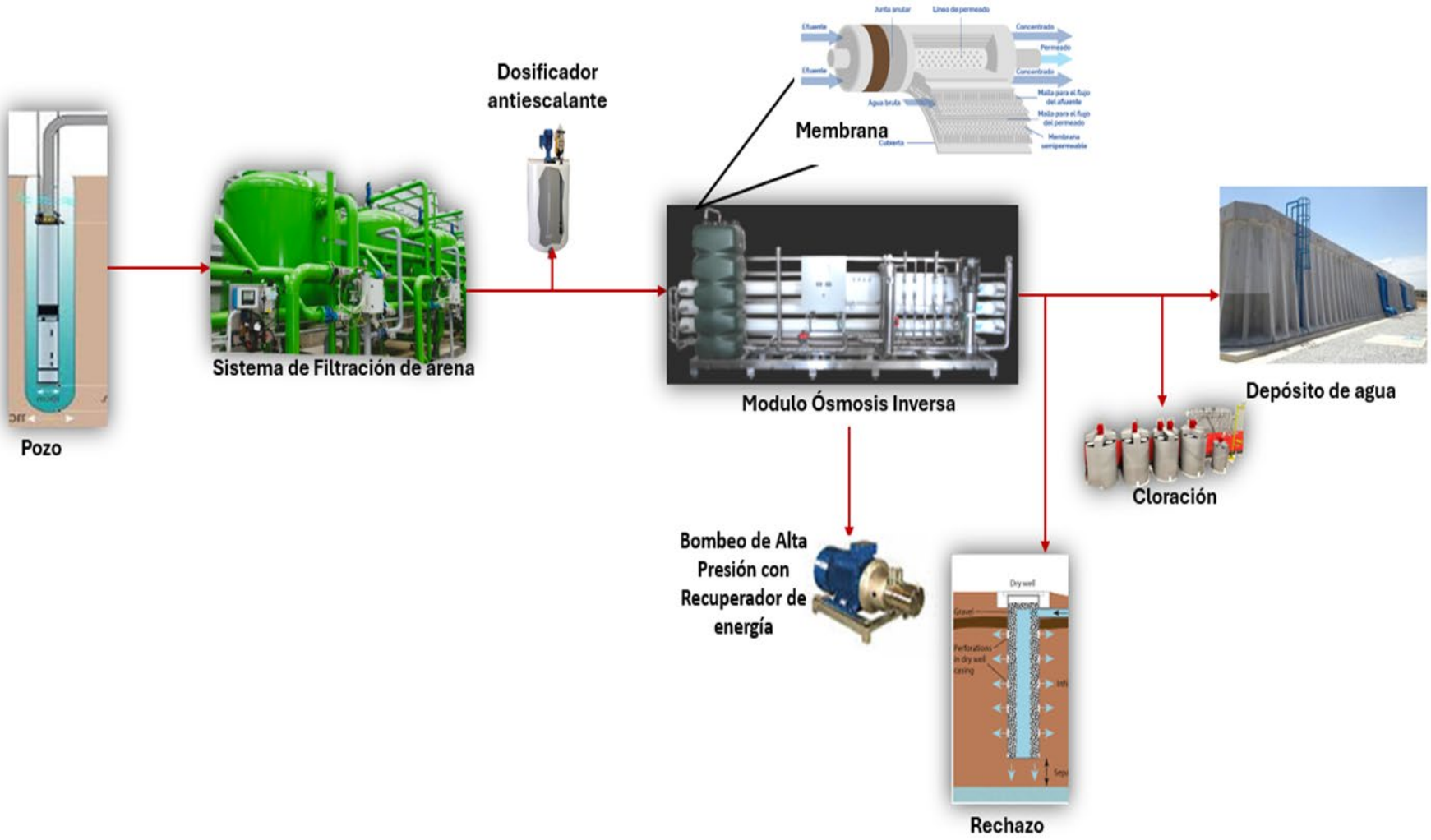
- La calidad del agua de entrada
- Los parámetros de operación de la planta (presión y grado de conversión).
- Polarización de la concentración.

Para el presente proyecto, éste que consta de 2 fases de implementación, se ha diseñado un sistema de crecimiento progresivo, donde se tiene en cuenta las necesidades tanto actuales como futuras.

En una primera Fase se ha determina la instalación de dos equipos de Osmosis de 315 m3/día. Que se irán complementando, con módulos adicionales según el crecimiento del desarrollo urbanístico, hasta llegar al volumen total de la demanda de todo el desarrollo.

El esquema de montaje más sencillo consiste en un montaje en paralelo. Todos los módulos trabajan en las mismas condiciones de presión y de conversión. Este sistema se emplea en la mayoría de las unidades de pequeña capacidad. Mediante un filtro de cartuchos, que protege a la vez a la bomba de alta presión y a las membranas, se evita la entrada de materias en suspensión. Dos manómetros, situados a la entrada y a la salida de los módulos, permiten controlar permanentemente la pérdida de carga en el interior del sistema. Dos caudalímetros (M), en el agua tratada y en el efluente, indican la conversión, la cual se ajusta por medio de dos válvulas de regulación.

A continuación se muestra un diagrama de Proceso de Osmosis Inversa:


Pozo
Sistema de Filtración de arena
Dosificador antiescalante
Membrana
Modulo Ósmosis Inversa
Depósito de agua
Cloración
Bombeo de Alta Presión con Recuperador de energía
Rechazo

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

A continuación, se muestra los diversos instrumentos jurídicos y/o normativos que regulan las obras o actividades a desarrollar en el proyecto y los cuales deberán ser observados en las diferentes etapas de desarrollo del proyecto.

III.1 PROGRAMAS DE ORDENAMIENTO TERRITORIAL Y ECOLÓGICO

- Programa de Ordenamiento Ecológico General del Territorio (POEGT)
- Programa de Ordenamiento Ecológico Marino y Regional del Golfo de México y Mar Caribe
  .
- Programa de Ordenamiento Ecológico Local del Municipio de Solidaridad (POEL-SOL)

III.2 ÁREAS NATURALES PROTEGIDAS

- Reserva de la Biosfera Golfo de México y Caribe Mexicano.
- Área de aplicación del ANP de la Reserva de la Biosfera Golfo de México y Caribe Mexicano.
- Subzona de Uso Público Playa del Carmen y Tulum-Sian Ka'an**.**

III.3 NORMAS OFICIALES MEXICANA

- **NOM-001- SEMARNAT- 2021:** Establece los límites permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en cuerpos receptores propiedad de la nación.
- **NOM-003- SEMARNAT- 1997:** Establece los límites máximos permisibles de contaminantes para las aguas residuales tratadas que se reúsen en servicios al público.
- **NOM-004- SEMARNAT- 1997:** Establece las especificaciones y límites máximos permisibles de contaminantes para el aprovechamiento y disposición final de lodos y biosólidos.
- **NOM-052-SEMARNAT-2005:** Establece las características, el procedimiento de identificación, clasificación y los listados de los residuos peligrosos.
- **NOM-054-SEMARNAT-1993:** Que Establece el procedimiento para determinar la incompatibilidad entre dos o más residuos considerados como peligrosos.
- **NOM-061-SEMARNAT-2011:** Que establece los criterios para clasificar los residuos de manejo especial y determinar cuáles están sujetos a plan de manejo; el listado de los mismos, el procedimiento para la inclusión a dicho listado; así como los elementos y procedimiento para la formulación de planes de manejo.
- **NOM-081-SEMARNAT-1994:** Establece los límites máximos permisibles de emisión de ruido de las Fuentes fijas y su método de medición.

- **NOM-085-SEMARNAT-2011:** Contaminación atmosférica. Establece los niveles máximos permisibles de emisión de los equipos de combustión de calentamiento indirecto y su medición.
- **NOM-138-SEMARNAT-SSA1-2012:** Establece los límites máximos permisibles de hidrocarburos en suelos y las especificaciones para su caracterización y remediación.
- **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.

III.4 LEYES

- **Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente (LGEEPA).**
  - Artículo 1
  - Artículo 5
  - Artículo 28
  - Artículo 30
  - Artículo 35
  - Artículo 35 Bis
  - Artículo 88
  - Artículo 89

- **Ley de Aguas Nacionales y su Reglamento**
  - Artículo 3
  - Artículo 9
  - Artículo 20
  - Artículo 86 BIS 2
  - Artículo 88
  - Articulo 29
  - Articulo 30
  - Articulo 135

- **Ley General de Prevención y Gestión Integral de los Residuos. (LGPGIR)**
  - Artículo 5.
  - Artículo 6.
  - Artículo 16.
  - Artículo 18.
  - Artículo 19
  - Artículo 20.
  - Artículo 40
  - Artículo 41
  - Artículo 42
  - Artículo 48
  - Artículo 50
  - Artículo 54
- **Ley Federal de Responsabilidad Ambiental.**
  - Artículo 6º

III.5 REGLAMENTOS

- **Reglamento de la LGEEPA en Materia de Evaluación de Impacto Ambiental**
  - Artículo 4.
  - Artículo 5
- **Reglamento Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos**
  - Artículo 17
  - Artículo 82
- **Reglamento de la Ley de Aguas Nacionales.**
  - Artículo 134
  - Artículo 151

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

En la delimitación del SA, se contemplan criterios a distinta escala: a) Criterios de Planeación y Desarrollo (Enfoque Sistémico) al considerar que el predio de interés se localiza en la Cuenca hidrológica RH32, Cuenca 32 A Quintana Roo; b) Criterios Normativos (Enfoque Administrativo) ya que para su delimitación se toman en cuenta los límites del POEL de Solidaridad; y por último c) Criterios Técnicos (Enfoque Geográfico) toda vez que se contempla la integración de las zonas de dispersión del total de los impactos ambientales previstos que se derivan de las actividades de cambio de uso del suelo para este Proyecto.

Este sistema ambiental abarca una superficie total de 177.86 hectáreas, comprende el área de influencia directa e indirecta del Proyecto y corresponde al área donde se prevé la ocurrencia de los impactos ambientales abarcando una porción suburbana, del hotel "Cabañas Paamul" y de las reservas de crecimiento turístico que se encuentran cubiertas de vegetación secundaria de selva mediana subperennifolia del tipo arbóreo y arbustivo.

En la tabla siguiente, se presenta la superficie expresada en metros cuadrados y por hectárea, así como el porcentaje de ocupación de cada una de las condiciones de la vegetación y los usos de suelo de las condiciones que prevalecen en este SA.

Tabla 3 Superficie y porcentaje de ocupación de las condiciones que prevalecen en el sistema ambiental.

CLAVE	Condición de la vegetación y uso de suelo	Hectáreas	Porcentaje
VSA/SMQ	Vegetación secundaria arbórea de selva mediana en recuperación	164.489	92.48
VM	Vegetación de manglar	2.277	1.46
DV	Sin vegetación aparente	10.793	6.06
Total		**177.859**	**100**

IV.1 Medio Abiótico

IV.1 1 Fisiografía.

La subprovincia fisiográfica 64 Costa Baja de Quintana Roo se caracteriza por su relieve escalonado que desciende de poniente a oriente, presenta el menor relieve, está integrada por una llanura rocosa suavemente ondulada con altitudes poco significativas en las que existen zonas de inundación temporal. En la franja litoral la conforman numerosas lagunas, áreas rocosas, puntas rocosa y paralela a ella se ha desarrollado una barrera arrecifal que delimita una extensa zona lagunar.

IV.1 2Clima

- **Tipo de clima**

La zona en la cual se encuentra el sitio de interés presenta el tipo climático Ax'(w2)iw", que corresponde al clima cálido subhúmedo, con lluvias todo el año y mayor abundancia en verano.

- **Precipitación media.**

La precipitación promedio mensual, esta oscila entre los 28.8 mm, en el mes más seco (abril) hasta 297.3 mm en el mes más lluvioso (octubre); finalmente la evaporación media mensual tiene un rango de 84.8 a 187.7 mm.

- **Temperatura.**

De acuerdo con los datos proporcionados por la Comisión Nacional del Agua (CNA) estación 23163 Playa del Carmen para el período comprendido de 1998-2008, las temperaturas más bajas se registraron entre los meses de diciembre y enero y las más altas de mayo a septiembre. La temperatura promedio anual es de 25.6 °C, en tanto que la media mensual oscila de 23.0 °C en el mes más frío (diciembre), a 27.8 °C en los meses más cálidos (julio y agosto), por lo que la oscilación térmica es de 4.8 °C; además la CNA reporta que la temperatura máxima registrada para la zona fue de 40.0°C, de fecha primero de mayo de 2003, en tanto que la temperatura mínima se registró el 13 marzo de 1998 con 5°C.

IV.1.3 Humedad relativa

En la zona, los valores medios de humedad van del 80 al 90 % como consecuencia del régimen de lluvias presente. La temporada de lluvias dura casi todo el año, pues la temporada de secas únicamente incluye los meses de enero a mayo.

IV.1.4 Velocidad y dirección del viento.

De acuerdo con datos obtenidos de 1987 a 1997 por la Comisión Nacional del Agua (1997), el promedio de velocidad anual del viento es de 4.55 m/s, presentándose las mayores velocidades en el mes de octubre con 20.1 n/s de velocidad promedio y las menores velocidades en el mes de abril, en el que el promedio de la velocidad es de 5 a 6 n/s.

IV.1.5 Balance hídrico (evaporación y evapotranspiración).

La evaporación potencial media anual es de 1,336.7 mm, con una variación mensual entre 104.9 mm en diciembre a 192.9 mm en mayo. La cantidad de evapotranspiración real media anual es similar a la precipitación y varía en igual sentido, de norte noroeste a sur sureste, pues va de 800 a 1,200 mm; por el contrario, la variación del déficit de agua se comporta en sentido inverso, va de 200 a 800 mm de sur sureste a norte noroeste, abarcando once meses en el extremo norte hasta poco más de tres meses en la zona con mayor precipitación.

IV.1.6 Posibilidad de fenómenos meteorológicos.

Los huracanes más significativos que han afectado durante los últimos años el Estado de Quintana Roo, principalmente la Zona Norte, son Gilberto en 1988; Opal y Roxanne en 1995, Emily, el 17 de julio, y Wilma, el 22 y 23 de octubre, ambos en 2005 y Deán en 2007. Entre éstos destacan Gilberto y Wilma por los efectos catastróficos sobre la industria turística y por los cambios sustanciales en la geomorfología costera.

IV.1.7 Suelo

El tipo de suelo en el área de estudio es de tipo litosol más Rendzina como suelo secundario, y Solonchak como suelo terciario, con clase textural media (I+E+Zo/2). FUENTE: INEGI, Carta de Edafología F16C69, Escala 1:250,000.

IV.1.8 Geología

La zona de estudio geológicamente está constituida por rocas del Mioceno - Plioceno (Terciario) y el Holoceno - Pleistoceno (Cuaternario), cuya columna estratigráfica es la siguiente.

Mioceno - Plioceno

Formación Bacalar: Calizas y margas poco compactas, formando una planicie rocosa.

Formación Estero Franco: Calizas, arcillas y dolomitas en estratos delgados, localizadas al oriente de Chetumal.

Formación Carrillo Puerto: La formación más extensa, compuesta por calizas arcillosas, coquinas y calizas microcristalinas. Presenta una gran variedad de fósiles y estructuras sedimentarias, indicando diferentes ambientes de depósito (marino, litoral, lagunar).

Pleistoceno - Holoceno (Cuaternario)

Calizas: Calcarenitas, coquinas y calizas microcristalinas, principalmente en la franja costera.

Depósitos litorales: Arenas, arcillas y caliches, formando dunas, playas y planicies costeras.

Depósitos lacustres: Arenas, arcillas y limos, asociados a lagunas costeras.

Modelo Geológico General

La zona de estudio se encuentra en el límite de la Planicie Interior y la franja costera.

La Formación Carrillo Puerto es la unidad más antigua en la zona, sobre la cual se depositaron los sedimentos del Cuaternario.

Los depósitos del Cuaternario están asociados a ambientes marinos, costeros y lacustres, y han formado diversas estructuras geomorfológicas como dunas, playas y lagunas.

En resumen, la región de Quintana Roo presenta una secuencia estratigráfica predominantemente carbonatada, con una evolución desde ambientes marinos profundos (Mioceno) hasta ambientes costeros y lacustres más recientes (Cuaternario). La diversidad de facies y fósiles presentes en estas

formaciones proporciona información valiosa sobre la historia geológica y paleogeográfica de la región.

IV.1.8 Geología del Subsuelo

Unidad litológicas: Se identificaron dos unidades principales: una compuesta por rocas calcáreas arenosas y otra por calizas arrecifales compactas.

Cavidades: Se detectaron cavidades en algunas zonas, especialmente a profundidades entre 2.85 y 8.55 metros.

Nivel freático: El nivel del agua subterránea varía según la ubicación, con una influencia de factores como las mareas y las precipitaciones.

Modelo hidrogeológico: Se identificaron dos sistemas de flujo: uno en medios granulares y otro en fracturas y cavidades kársticas.

Cuerpos de agua: Se distinguen tres cuerpos de agua: dulce, salobre y salada.

Intrusión salina: La intrusión de agua salada en el acuífero es un proceso dinámico influenciado por varios factores.

- **Hidrología superficial**

La mayor parte de la península tiene un coeficiente de escurrimiento muy bajo (0-5%) debido a la alta tasa de infiltración del agua de lluvia en la roca caliza subyacente.

Esto significa que el agua de lluvia infiltra rápidamente en el suelo en lugar de escurrir por la superficie.

Las zonas con escurrimiento superficial ligeramente superior (5-10%) se encuentran en la franja costera y tienen estanques temporales formados en depresiones del terreno.

Las áreas con el coeficiente de escurrimiento más alto (10-20%) tienen vegetación más dispersa y están más influenciadas por las mareas.

Tabla 4 Escorrentía Superficial

Rango de Coeficiente de Escorrentía	Descripción
0-5%	Muy bajo escurrimiento, con infiltración en casi todas partes.
5-10%	Bajo escurrimiento, con algunas zonas propensas a encharcamientos estacionales.
10-20%	Escorrentía moderada, con algunas zonas influenciadas por las mareas.

- **Hidrología subterránea**

El predio se ubica en la unidad geohidrológica con material consolidado con posibilidades altas, lo cual significa la permeabilidad del suelo permite la infiltración de grandes volúmenes de agua, que originan corrientes subterráneas de gran magnitud, las cuales fluyen hacia la costa siguiendo la escasa inclinación del terreno en dirección oeste-este, a través de cavernas y ríos subterráneos.

- **Topografía**

El estudio topográfico realizado en el predio ha revelado la presencia de características geográficas importantes que deben ser consideradas en el desarrollo del proyecto:

Cenotes y cuevas: Se han identificado dos cenotes y dos cuevas secas, lo que requiere modificaciones al proyecto para evitar afectar estos ecosistemas y cumplir con las normativas de protección ambiental.

Topografía: El terreno presenta una pendiente suave y es predominantemente plano. Las zonas donde se realizarán las obras se encuentran en las partes más elevadas del terreno, por lo que no están directamente expuestas a inundaciones.

Riesgo de inundación: Un análisis de escenarios de inundación, considerando eventos extremos como el huracán Wilma, indica que las áreas más susceptibles a inundaciones son la cuenca del manglar y el frente costero. Las áreas donde se construirán las obras tienen un riesgo bajo de inundación debido a su elevación y a la permeabilidad del suelo.

Manejo del agua pluvial: El proyecto propone utilizar pavimentos permeables en todas las vialidades y andadores para permitir la infiltración del agua de lluvia en el suelo, minimizando el escurrimiento superficial y contribuyendo a la recarga de los acuíferos.

IV.1.8 Medio biótico

IV.1.8 .1 Flora

- **Sistema Ambiental**

Aunque la carta Uso de Suelo y Vegetación de INEGI (2016) solo identifica dos tipos de vegetación dentro del SA, estudios más específicos del área, de acuerdo con los recorridos de campo y el muestreo indican que la condición más real del sistema ambiental es la de una Vegetación secundaria arbórea de selva mediana subperennifolia, vegetación de manglar, vegetación de duna costera y áreas sin vegetación aparente (desarrollos turísticos urbanos).

En total se identificaron 46 especies de plantas, de las cuales 32 especies son árboles, 9 especies son arbustivas, arborescentes, 2 son herbáceas y 3 especie rastreras y trepadoras. Estas especies se encuentran agrupadas en 24 familias, de la cual las leguminosas son las más abundantes con 8 especies identificadas.

- **Sitio de Proyecto**

El Proyecto se pretende edificar en una zona de vegetación secundaria de selva mediana subperennifolia y de duna costera con presencia de especies de matorral costero, que se encuentra sobre un sustrato arenoso y que carece de flujos hidrológicos superficiales, por lo tanto, con la ejecución del Proyecto no se tendrá influencia directa con el ecosistema de manglar, ni se afectará a individuos de las especies protegidas de mangle.

En el predio del Proyecto se registra una riqueza de 45 especies de plantas vasculares pertenecientes a 30 familias botánicas, de las cuales destacan como las familias más representativas la Fabaceae, Apocynaceae y Boriginaceae.

Con relación a la forma biológica que presentan los componentes de la vegetación destacan la arbórea y la arbustiva, seguida de la herbácea.

IV.1.8 .2 Fauna

Se utilizaron distintas técnicas para muestrear cada grupo de fauna; como es el caso de mamíferos pequeños, mamíferos medianos a grandes y aves. En cuanto a los mamíferos pequeños se utilizó el método, en donde se colocaron 10 trampas tipo Sherman dispuestas en una cuadricula de manera que atravesarán el sitio ubicadas a 10 m de distancia entre ellas para estimar la densidad y registrar las especies de los mismos. Las trampas fueron cebadas con una mezcla de avena y crema de cacahuate para atraer y garantizar la captura de los roedores, estas se mantuvieron activas durante 3 noches acumulando un esfuerzo total de 120hrs/ trampa/ noche.

Se obtuvieron 129 registros de fauna, los cuales están representados en cuatro grupos, 21 familias y 25 especies, el más representativo de todos fue el grupo de las aves teniendo un total de 52 individuos y el menos distintivo el grupo de los anfibios con únicamente 6 individuos en total.

Debido a la condición de la vegetación del predio, la cual presenta evidencias notorias de actividades antropogénicas y secuelas de eventos hidrometereológicos recurrentes, la mayoría de las especies de fauna que se registraron en el predio toleran o se ven favorecidas por el desarrollo de actividades humanas.

IV.1.8 .3 Medio Socio- económico

Solidaridad es un municipio en constante crecimiento, especialmente en los últimos 15 años, que se ha convertido en un importante centro turístico a nivel mundial. Este crecimiento se debe principalmente a varios factores:

Atracción de empleo: La amplia oferta de empleo en el sector turístico y servicios relacionados ha sido un imán para migrantes de todo el país, especialmente de Yucatán, Chiapas, Tabasco, Ciudad de México y Veracruz.

Crecimiento económico: El municipio ha experimentado un crecimiento económico sostenido, generando una derrama económica significativa.

Redes sociales: La presencia de comunidades migrantes establecidas ha facilitado la llegada de nuevos residentes.

Población económicamente activa: La mayor parte de la población en edad de trabajar se dedica al sector turístico.

Ingresos: El municipio genera importantes ingresos a través del turismo, lo que se refleja en una significativa derrama económica.

Infraestructura turística: Cuenta con una amplia oferta hotelera de alta calidad, lo que atrae a un gran número de turistas.

- **Actividades económicas:**

Turismo: La principal actividad económica es el turismo, con una gran cantidad de hoteles y una alta ocupación hotelera.

Servicios: Se desarrollan diversos servicios relacionados con el turismo, como restaurantes, transporte y actividades recreativas.

- **Infraestructura:**

Servicios básicos: Cuenta con servicios básicos como agua potable, alcantarillado y recolección de basura.

Transporte: Dispone de una red de carreteras que lo conecta con otras ciudades y un aeropuerto para vuelos de corta distancia.

Servicios sociales: Se ofrecen servicios sociales como atención a la mujer, adultos mayores y cuidado infantil.

IV.1.8 .4 Paisaje

El proyecto propuesto busca integrarse a un área ya parcialmente desarrollada, minimizando su impacto ambiental.

El proyecto se ubicará en un terreno de 6.96 hectáreas, mayormente cubierto de vegetación forestal. A pesar de esto, se han tomado medidas para minimizar el impacto ambiental y asegurar la integración del proyecto al entorno.

- ***Características clave del proyecto:***

Ubicación: Zona con desarrollos turísticos y acuícolas existentes.

Vegetación: Predominan la selva mediana subperennifolia y matorral costero.

Visibilidad: Visibilidad limitada debido a la vegetación, pero con vistas hacia la playa.

Medidas de mitigación: Reforestación, conservación de áreas naturales y diseño arquitectónico respetuoso del entorno.

- ***Evaluación del Paisaje***

Fragilidad: El área presenta una fragilidad moderada.

Calidad paisajística: El proyecto se integrará al paisaje existente.

Impacto visual: Las modificaciones al paisaje serán mínimas.

V IDENTIFICACIÓN, DESCRIPCIÓN Y EVALUACIÓN DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES

V.1 Identificación de actividades generadoras de impactos ambientales

El procedimiento de evaluación del impacto ambiental inicia con la identificación de las acciones que pueden causar impactos sobre uno o más factores del medio susceptibles de recibirlos; para posteriormente caracterizar y valorar su grado de importancia.

De acuerdo con Gómez-Orea (1999), de todas las acciones que intervienen en la relación causa-efecto que define un impacto ambiental, susceptibles de producir impactos concretos en cualquiera de las etapas del proyecto, se deben seleccionar aquellas que sean relevantes, excluyentes/independientes, fácilmente identificables, localizables y cuantificables.

Lo anterior, debido a que desde el punto de vista ambiental algunas acciones no se consideran importantes porque no modifican o alteran el ambiente o los recursos naturales, o bien porque su efecto es bajo o se puede anular con la adecuada y oportuna aplicación de medidas de prevención o mitigación

En este contexto, se identificaron por etapa las actividades del proyecto que causan impactos. En total se identificaron nueve impactos ambientales, distribuidos en cuatro etapas.

Tabla 5 Actividades para el desarrollo de la PTAR.

Etapa	Actividad
Preparación del sitio	Ahuyento de flora y fauna
	Limpieza de área
	Nivelación y compactación
	Presencia de personal
Construcción	Perforación y pozos de descarga
	Edificación de la PTAR
	Presencia de personal
Operación	Operación de la PTAR
Mantenimiento	Mantenimiento de la PTAR

V.2 IDENTIFICACIÓN DE LOS FACTORES AMBIENTALES

Toda vez identificados los factores ambientes se generan los indicadores de impacto por cada factor. El indicador ambiental se entiende como la expresión medible de un impacto ambiental, es decir, variable simple o expresión más o menos compleja que mejor representa la alteración. De esta manera un indicador debe ser capaz de representar numéricamente aquello que se pretende valorar (Gómez-Orea, 2003).

Conesa-Fernández recomienda cinco criterios para generar el indicador ambiental: 1. Representativos del entorno afectado, del impacto total producido por la ejecución del proyecto sobre el Medio. 2. Relevantes, portadores de información significativa sobre la magnitud e importancia del impacto. 3. Excluyentes, sin solapamientos ni redundancias. 4. De fácil identificación en su concepto y en su apreciación sobre información estadística, cartográfica o trabajos de campo. 5. De fácil cuantificación, dentro de lo posible, ya que muchos de ellos serán intangibles o inconmensurables. En la siguiente tabla se presentan los indicadores por factor ambiental identificado para el proyecto.

Tabla 6 Indicadores por factor ambiental.

Factor ambiental	Tema	Indicador
Aire	Cambios en la calidad del aire	Emisiones de gases de efecto invernadero
	Confort acústico	Generación de ruidos
Agua	Calidad del agua	Cambios en la calidad por las descargas
Relieve	Modificación de la topografía	Superficie de aprovechamiento
Suelo	Perdida	Erosión de suelo
	Compactación	Compactación del suelo
Fauna	Abundancia	Cambio en el número de individuos
	hábitat	Reducción en la superficie de hábitat disponible
Flora	Cobertura	Cambio en la cobertura vegetal
	Abundancia	Cambio en el número de individuos
Residuos	Generación	Generación de RSU y RME
Salud humana	Exposición de personal	Probabilidad de ocurrencia de accidentes laborales
Infraestructura	Servicios	Consumo de energía electica y agua
Economía	Empleo	Número de empleos generados
	Derrama económica	Inversión por la adquisición de insumos

V.3 IDENTIFICACIÓN DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES

Tabla 7 Impactos ambientales identificados para el proyecto.

Factor	No	Impacto identificado
Aire	1	Cambios en la calidad del aire por las emisiones de gases de efecto invernadero
	2	Disminución del confort acústico por la generación de ruidos
Agua	3	Cambios en la calidad del agua por las descargas
Relieve	4	Modificación de la topografía del sitio
Suelo	5	perdida de suelo durante las actividades de preparación del sitio
	6	Compactación del terreno por las actividades de preparación del sitio

Factor	No	Impacto identificado
Fauna	7	Cambio en el número de individuos
	8	Reducción en la superficie de hábitat disponible
Flora	9	Cambio en la cobertura vegetal
	10	Cambio en el número de individuos
Residuos	11	Generación de RSU y RME
Salud humana	12	Probabilidad de ocurrencia de accidentes laborales por la exposición de los trabajadores
Infraestructura	13	Incremento en el consumo de energía electica y agua potable
Economía	14	Incremento en el número de empleos
	15	Inversión por la adquisición de insumos

V.4 VALORACIÓN DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES

Tabla 8 Valor de importancia de los Impactos ambientales.

Factor	IMPACTO AMBIENTAL	SIGNO	IMPORTANCIA	Valor
Aire	Cambios en la calidad del aire por las emisiones de gases de efecto invernadero	-	**18**	Irrelevante
	Disminución del confort acústico por la generación de ruidos	-	**17**	Irrelevante
Agua	Cambios en la calidad del agua por las descargas	-	**16**	Irrelevante
Relieve	Modificación de la topografía del sitio	-	**18**	Irrelevante
Suelo	Perdida de suelo durante las actividades de preparación del sitio	-	**25**	Moderado
	Compactación del terreno por las actividades de preparación del sitio	-	**18**	Irrelevante
Fauna	Cambio en el número de individuos	-	**25**	Moderado
	Reducción en la superficie de hábitat disponible	-	**22**	Irrelevante
Flora	Cambio en la cobertura vegetal	-	**25**	Moderado
	Cambio en el número de individuos	-	**25**	Moderado
Residuos	Generación de RSU y RME	-	**17**	Irrelevante
Salud humana	Probabilidad de ocurrencia de accidentes laborales por la exposición de los trabajadores	-	**16**	Irrelevante
Infraestructura	Incremento en el consumo de energía electica y agua potable	-	**18**	Irrelevante
Economía	Incremento en el número de empleos	+	**25**	Moderado
	Inversión por la adquisición de insumos	+	**25**	Moderado

VI MEDIDAS DE PREVENCIÓN Y MITIGACIÓN DE IMPACTOS SOBRE LOS RECURSOS FORESTALES.

Las medidas de prevención, mitigación y compensación propuestas para el proyecto "Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) y Planta de Osmosis Inversa del Condominio Playa Paraíso", considerando la etapa de construcción y operación, partiendo de las medidas generales para, posteriormente describir medidas específicas aplicables a las etapas antes señaladas.

Es oportuno señalar que las medidas de mitigación propuestas en los apartados que a continuación se presentan, fueron diseñadas tomando en consideración las condiciones ambientales del predio, instrumentos de planeación y normas oficiales mexicanas.

VI.1 Etapa de preparación del sitio

La etapa de preparación del sitio del proyecto comprende las actividades de ahuyento de fauna, nivelación y limpieza del área en la que se pretende instalar la planta de tratamiento.

En los siguientes párrafos se describen las medidas que se aplicarán para mitigar los impactos generados por las actividades que corresponden a esta etapa.

Factor	**Impactos**
Aire	Emisiones de contaminantes y gases de efecto invernadero Generación de ruido
DESCRIPCIÓN: Al aplicar las medidas de prevención y mitigación en la etapa de preparación del sitio, se espera reducir al mínimo las afectaciones que pudieran causarse derivado del uso de maquinaria.	
MEDIDAS: Minimizar la emisión de gases de efecto invernadero y otros contaminantes emitidos al ambiente por el uso de maquinaria, equipo y las actividades de excavación. Minimizar el impacto en la calidad del aire como consecuencia del ruido producido en las etapas del proyecto. La maquinaria permanecerá apagada durante el tiempo en que no se esté utilizando.	

Factor	**Impactos**
Topografía y Suelo	Modificación del terreno Pérdida y compactación del suelo
DESCRIPCIÓN: Debido a que la preparación del sitio implica la remoción de parte del suelo, de las capas superficiales y de las capas inferiores, se prevé una afectación directa respecto a la compactación del suelo y modificación del terreno.	
MEDIDAS: Minimizar la pérdida de suelo y los cambios en sus características por las actividades de compactación. Evitar la afectación de las elevaciones topográficas y condiciones de suelo en las áreas que no sean para el desplante. Remoción del área de la vegetación que se corresponde al proyecto. Realizar el rescate de suelo y material vegetal para posteriormente triturarlo y reintegrarlo a las áreas verdes del Condominio Maestro.	

Factor	Impactos
Fauna	Cambios en la abundancia de ejemplares de fauna incluyendo los de la NOM-059-SEMARNAT-2010 Fragmentación del hábitat de la fauna

DESCRIPCIÓN: Al aplicar las medidas de prevención y mitigación en la etapa de preparación, se espera que las especies de fauna presentes se desplacen hacia otros sitios más seguros, y que las especies de lento desplazamiento o de alta fidelidad a su ámbito hogareño, que no pueden desplazarse, no sean afectadas.
MEDIDAS: Previo a las labores de preparación se realizará un recorrido con el fin de localizar a los organismos de lento desplazamiento, adicionalmente se generará ruido para ahuyentar a las especies que se encuentren dentro de las áreas a intervenir. Se colocarán anuncios y señales informando sobre la importancia de la fauna, las razones de su protección e incluso las sanciones a las que se harán acreedores en caso de que se sorprenda a alguien afectando o aprovechando algunas de las especies de fauna presentes en el sitio. Se pondrá a disposición de las autoridades a todo trabajador que afecte de manera ilegal a alguna especie. Quedará prohibida la caza de animales. No se permitirá la introducción de fauna feral, especialmente gatos y perros. Reportar a vigilancia la presencia de fauna feral que pudiera estar entrando de los predios aledaños del proyecto, ya que la malla de delimitación tiene un espacio inferior para el paso de la fauna, esto con el fin de retirarlos del predio en coordinación con las autoridades municipales. Si alguna especie de fauna nativa resulta herida por efecto de las actividades de construcción, recibirá atención médica veterinaria y se dará aviso a la PROFEPA en el caso de ser necesario. Aplicación del Programa de rescate de fauna (Anexo Técnico 3)

Factor	Impactos
Residuos	Incremento en la generación de residuos sólidos y de manejo especial Incremento en la generación de residuos peligrosos
DESCRIPCIÓN: Se espera la generación de residuos sólidos derivados del consumo de alimentos y bebidas por parte de los trabajadores que se encuentren en las actividades de esta etapa. Asimismo, se prevé que pudieran generarse en algún momento residuos peligrosos en bajo volumen derivado del uso de diésel y/o combustible para la maquinaria.	

MEDIDAS:

Se colocarán contenedores identificado de acuerdo al tipo de residuos que se generen.

Los trabajadores recibirán pláticas orientadas a la correcta disposición de los residuos.

Los residuos que no sean susceptibles de reciclaje serán trasladados al relleno sanitario municipal.

Los residuos peligrosos se acopiarán en el almacén de residuos peligrosos temporal con el que cuenta el Plan Maestro, posteriormente, serán entregados a una empresa autorizada en su manejo y disposición final.

A fin de evitar que se generen residuos peligrosos, se preverá que la maquinaria se encuentre en óptimas condiciones a fin de no suministrarle combustible en el predio.

Factor	Impactos
Salud humana	Implicará la posibilidad de un accidente de trabajo.
DESCRIPCIÓN: Se corre el riesgo de que al realizar las actividades relacionadas con esta etapa ocurran accidentes que atenten contra la integridad física de los trabajadores; así mismo, el mal manejo de los residuos y la falta de higiene por parte de los trabajadores pueden ocasionarles enfermedades. Además, la ubicación del proyecto corresponde a una zona susceptible de impactos por causa de eventos climáticos, por lo que habrán de tomarse las medidas necesarias a fin de evitar un accidente en caso de algún fenómeno meteorológico.	
MEDIDAS: El personal de obra contará con equipo de seguridad mínimo necesario que permita mantenerlo protegido, dependiendo de la actividad que realice (casco, chaleco y botas lentes, etc.). Se contará con un paramédico en la obra, con un botiquín de primeros auxilios que contenga lo básico (gasas, vendas, alcohol, mertiolate, algodón, curitas, analgésicos, antidiarreicos, etc), para atender cualquier emergencia que no requiera hospitalización. Se colocarán señalizaciones y carteles fomentando el uso de los equipos de seguridad. Se suministrará agua purificada a los obreros. Se colocarán baños portátiles a razón de 1 por cada 15 trabajadores, a efecto de evitar fecalismo y micción que puede causar enfermedades gastrointestinales. En caso de la presencia de algún huracán o tormenta tropical que pudiera poner en riesgo la vida del personal, se retirará al personal por lo menos un día antes de la llegada del fenómeno natural, y se seguirán todas las disposiciones del personal de protección civil.	

VI.2 Etapa de construcción.

A continuación, se analizan los diferentes impactos potenciales identificados en esta etapa, agrupados según el componente ambiental y el indicador sobre el cual inciden.

Factor	Impactos
Aire	Cambios en la calidad del aire por emisiones a la atmósfera y producción de gases de efecto invernadero Cambios en la calidad del aire por la generación de ruido
DESCRIPCIÓN: Se identifican tres formas principales de acciones que afectan negativamente la atmósfera: La generación de ruido, el cual es importante toda vez que la perforación del pozo implica el uso simultáneo de equipo de bombeo y de maquinaria de rotación y martilleo, lo que se sumara al ruido existente de las obras en el Condominio Maestro. La generación de polvos a causa del movimiento de los materiales que son extraídos para formar el pozo, y que al quedar a cielo abierto en las fosas de perforación pueden quedar suspendidos en el aire. La emisión de humos producto de la combustión de hidrocarburos por la maquinaria que se utilice. El primer impacto es el más importante en magnitud, aunque su duración es menor, ya que cesa en cuanto se termina de utilizar la maquinaria de perforación; en tanto que, los últimos dos impactos descritos se consideran limitados en	
MEDIDAS: Las áreas de trabajo serán regadas constantemente para evitar la dispersión de partículas de polvo. Se solicitará que el material sea transportado húmedo y en camiones cubiertos con lona, evitando llenar excesivamente los mismos para que no se registre un desborde. Se verificará que la maquinaria y equipo antes de ingresar al predio del proyecto se encuentre afinada y en óptimas condiciones mecánicas, para evitar emisiones contaminantes al aire, fuera de los niveles permitidos por las normas correspondientes. La maquinaria permanecerá apagada durante los lapsos que no se ocupe. Se llevará a cabo el mantenimiento continuo de las máquinas y equipos que sea utilizado en la obra en talleres	

Factor	**Impactos**
Topografía y Suelo	Modificación de la topografía Pérdida del suelo
DESCRIPCIÓN: Durante las actividades de construcción del proyecto, se realizarán actividades que implican cambios en las características del suelo como son la perforación del pozo, y las instalaciones da las líneas de conducción de tubería, así como la instalación misma de la planta de tratamiento. Las actividades de perforación implican la remoción de parte del suelo, de las capas superficiales y de las capas inferiores, hasta llegar a la profundidad requerida de -100 m para el pozo de descarga	
MEDIDAS: Los trabajos de instalación hidráulica, componentes y los ademes del pozo se realizará de manera pronta una vez que se haya terminado de nivelar el área, evitando con ello los efectos sobre el suelo causados por su exposición. Respecto a la perforación del pozo, se tomarán las medidas necesarias para evitar la afectación de cavernas secas o saturadas importantes en el flujo de agua hacia el mar y viceversa. Esto determinado por la mecánica de suelos específica en el sitio de perforación de los pozos, y dictaminado previamente por la CONAGUA Se realizará el rescate del suelo posterior al desmonte del terreno en las áreas de aprovechamiento. El suelo rescatado será cribado y reutilizado en las actividades de rescate de flore y en la habilitación de las áreas ajardinadas que se proponen en la Casa Club. Limitar el retiro de suelo natural y las excavaciones únicamente a las zonas de desplante que considera el proyecto. Señalización restrictiva y colocación de una malla de delimitación en las áreas de desplante para evitar el acceso peatonal a las áreas de conservación.	

Factor	**Impactos**
Topografía y Suelo	Modificación de la topografía Pérdida del suelo
DESCRIPCIÓN: Durante las actividades de construcción del proyecto, se realizarán actividades que implican cambios en las características del suelo como son la perforación del pozo, y las instalaciones da las líneas de conducción de tubería, así como la instalación misma de la planta de tratamiento. Las actividades de perforación implican la remoción de parte del suelo, de las capas superficiales y de las capas inferiores, hasta llegar a la profundidad requerida de -100 m para el pozo de descarga	

MEDIDAS:

Los trabajos de instalación hidráulica, componentes y los ademes del pozo se realizará de manera pronta una vez que se haya terminado de nivelar el área, evitando con ello los efectos sobre el suelo causados por su exposición.

Respecto a la perforación del pozo, se tomarán las medidas necesarias para evitar la afectación de cavernas secas o saturadas importantes en el flujo de agua hacia el mar y viceversa. Esto determinado por la mecánica de suelos específica en el sitio de perforación de los pozos, y dictaminado previamente por la CONAGUA

Se realizará el rescate del suelo posterior al desmonte del terreno en las áreas de aprovechamiento.

El suelo rescatado será cribado y reutilizado en las actividades de rescate de flore y en la habilitación de las áreas ajardinadas que se proponen en la Casa Club.

Limitar el retiro de suelo natural y las excavaciones únicamente a las zonas de desplante que considera el proyecto.

Señalización restrictiva y colocación de una malla de delimitación en las áreas de desplante para evitar el acceso peatonal a las áreas de conservación.

Factor	Impactos
Hidrología	Cambios en la disponibilidad del agua Cambios de la calidad del agua por actividades de descarga de agua.

DESCRIPCIÓN:

Durante las actividades de perforación y antes de que se hayan colocado los ademes del pozo, puede ocurrir la infiltración al acuífero de materiales contaminantes de la superficie, lo cual podría afectar la calidad del agua del acuífero.

Factor	Impactos
MEDIDAS: Respecto a la construcción del pozo, éste será construido con base en estudios de prospección geohidrológica realizados en un pozo exploratorio de manera previa. Delimitación y señalización de las áreas de conservación para evitar afectaciones y que el agua siga infiltrándose hacia el subsuelo en ellas. La perforación y acabado del pozo, se realizará con equipo y maquinaria de perforación convencional que será contratada para tal efecto, verificando que ésta no tenga residuos de grasas u otros elementos que pudieran contaminar el manto acuífero. El pozo se construirá de acuerdo a las especificaciones que marca la NOM-003- CNA-1996, que si bien, es para pozos de extracción, considera medidas para garantizar que no haya eventos de contaminación ni afectación al acuífero durante la construcción de pozos. Antes de la realización de actividades de construcción se ahuyentará a la fauna a través de la producción de ruido. En el caso de aquellas especies que resulten de lento desplazamiento, serán reubicadas a las áreas de conservación. Adicionalmente se pondrá en práctica el Programa de rescate de fauna. Los colaboradores recibirán capacitación en materia ambiental a fin de hacer de su conocimiento y concientizarlos sobre la importancia que tiene la flora y fauna. Se mantendrán señalamientos prohibitivos y restrictivos respecto al cuidado de la flora y fauna. Se pondrá a disposición de las autoridades a todo trabajador que afecte de manera ilegal a alguna especie. Quedará prohibida la caza de animales. No se permitirá la introducción de fauna feral, especialmente gatos y perros. Reportar a vigilancia la presencia de fauna feral que pudiera estar entrando de los predios aledaños del proyecto, ya que la malla de delimitación tiene un espacio inferior para el paso de la fauna, esto con el fin de retirarlos del predio en coordinación con las autoridades municipales.	

Factor	Impactos
Residuos	Incremento en la generación de residuos sólidos y de manejo especial Incremento en la generación de residuos peligrosos

DESCRIPCIÓN:

Se espera la generación de residuos sólidos derivados del consumo de alimentos y bebidas por parte de los trabajadores que se encuentren en las actividades de esta etapa, así como residuos sanitarios y aguas residuales.

Asimismo, que se generen residuos derivados de materiales de construcción y residuos inorgánicos.

Se esperan residuos de obra generados a partir de la instalación de la planta, tales como,

pedacería de plástico, PVC, mosaico y vidrio

Asimismo, se prevé generar material derivado de las actividades de perforación y que pudieran generarse en algún momento residuos peligrosos en bajo volumen derivado del

MEDIDAS:

Se colocarán contenedores identificado de acuerdo al tipo de residuos que se generen.

Los trabajadores recibirán pláticas orientadas a la correcta disposición de los residuos.

Los residuos que no sean susceptibles de reciclaje serán trasladados al relleno sanitario municipal.

Los residuos peligrosos se acopiarán en el almacén de residuos peligrosos temporal con el que cuenta el Plan Maestro, posteriormente, serán entregados a una empresa autorizada en su manejo y disposición final.

A fin de evitar que se generen residuos peligrosos, se preverá que la maquinaria se encuentre en óptimas condiciones a fin de no suministrarle combustible en el predio.

En cuanto al manejo de aguas residuales, se utilizarán los sanitarios portátiles a razón de 1 por cada 15 trabajadores, los cuales recibirán limpieza y mantenimiento cada tercer día por parte de una empresa que cuente con permiso de la autoridad competente para realizar la colecta y traslado de las aguas residuales a una planta de tratamiento (PTAR).

El material derivado de las actividades de perforación será retirado de manera manual con el uso de palas y carretillas, posteriormente, se acopiará en costales para ser reutilizado dentro de las actividades de construcción o bien, trasladado fuera del sitio y depositado en el lugar que disponga la autoridad.

Factor	Impactos
Población y salud humana	Implicará la posibilidad de un accidente de trabajo. Expondrá a las personas a riesgos potenciales para la salud. Exposición del personal a altos niveles de ruido. Riesgo de exposición de personas a eventos meteorológicos.
DESCRIPCIÓN: Se corre el riesgo de que al realizar las actividades ocurran accidentes que atenten contra la integridad física de los trabajadores; así mismo, el mal manejo de los residuos y la falta de higiene por parte de los trabajadores pueden ocasionarles enfermedades. Por otro lado, el personal de obras estará expuesto a los ruidos producidos por la maquinaria que se utilizará durante esta etapa. Durante la operación el personal a cargo de la planta estará expuesto al ruido y a las sustancias que se requieran para su mantenimiento.	
MEDIDAS: El personal de obra contará con equipo de seguridad mínimo necesario que permita mantenerlo protegido, dependiendo de la actividad que realice (casco, chaleco y botas lentes, tapones para los oídos, etc.). Se contará con un paramédico en la obra, con un botiquín de primeros auxilios que contenga lo básico (gasas, vendas, alcohol, mertiolate, algodón, curitas, analgésicos, antidiarreicos, etc), para atender cualquier emergencia que no requiera hospitalización. Se contará con radio y con un vehículo en el área del proyecto para que, en caso de ser necesario se traslade algún herido hacia el hospital más cercano y se haga con rapidez. Se colocarán señalizaciones y carteles fomentando el uso de los equipos de seguridad. Se impartirán pláticas de seguridad e higiene y cuidado de medio ambiente. Se suministrará agua purificada a los obreros. Se colocarán baños portátiles a razón de 1 por cada 15 trabajadores, a efecto de evitar fecalismo y micción que puede cuásar enfermedades gastrointestinales. Se concientizará a los trabajadores sobre la importancia del uso de los sanitarios portátiles.	

Factor	Impactos
Economía	Generación de empleos
Debido a que contribuye a la generación de empleos, se prevé que el proyecto gozará de aceptación en la comunidad, particularmente en los poblados cercanos al mismo.	

MEDIDAS: A fin de impulsar la economía y generación de empleo local, el personal contratado para la operación de la planta será preferentemente de la zona.

VI.3 Etapa de operación.

Esta etapa del proyecto implica la puesta en marcha de la planta depuradora, para lo cual el personal encargado de las áreas de servicio se ocupará del adecuado funcionamiento, mantenimiento preventivo y correctivo de las instalaciones, dispositivos y propiamente del equipo. A continuación, se presentan los impactos potenciales identificados a esta fase, mismos que se encuentran agrupados según el componente ambiental y el indicador sobre el cual inciden.

Factor	Impactos
Aire	Emisiones a la atmósfera.
DESCRIPCIÓN: El consumo de energía eléctrica de la operación de la planta de tratamiento, que incluye equipos de bombeo de alta presión, implica una contribución a las emisiones. Este consumo de energía eléctrica representa el único impacto permanente significativo de la operación de la planta, por contribuir a la emisión de gases de efecto invernadero, principalmente CO2, que varía según la forma de generación que utilice el proveedor. Los efectos de este impacto ocurrirían en la atmósfera, pero no en el sitio del	
MEDIDAS: Los equipos y maquinaria que componen la planta de tratamiento de aguas residuales son nuevos y energéticamente eficientes. La planta recibirá mantenimiento periódicamente a fin de mantenerla en óptimas condiciones y con ello evitar un consumo mayor de energía.	

Factor	**Impactos**
Hidrología	Efecto en las condiciones del acuífero Aumento en el consumo de agua salada, pero reducción en el consumo de agua dulce

DESCRIPCIÓN:

Estos impactos se producirán al llevar a cabo las actividades de descarga del agua hacia el acuífero a través de un pozo profundo de 100 m. La planta de tratamiento que se propone tendrá una capacidad para tratar hasta 500 m3/día (6,26 lps), la segunda fase permitirá tratar hasta 1,000 m3/día (11,57 lps) lo que implica que se tendrá la capacidad necesaria para tratar la totalidad el agua residual generada en el Condominio Maestro.

En este sentido, debido a que parte del agua residual tratada será reutilizada para el riego de áreas verdes y otro tanto como ya se mencionó, será canalizada a través del pozo de descarga, es en este último caso en el que se produciría el impacto en la calidad del agua del acuífero.

MEDIDAS:

Previo a la instalación de pozos se llevarán a cabo los estudios exploratorios correspondientes en los sitios específicos propuestos a fin de corroborar la estatigrafía y calidad del agua apropiada para el funcionamiento de la planta y teniendo en consideración las variaciones intermareales.

La profundidad de los pozos se definirá a partir de análisis hidrogeológicos a fin de garantizar la descarga de agua tratada a una profundidad adecuada.

La inyección de agua tratada al acuífero se llevará a cabo teniendo en cuenta la dirección de los flujos de agua.

Se realizarán los análisis fisicoquímicos y bacteriológicos del agua, de acuerdo a lo que marque la NOM-004-CNA-1996, que si bien, refiere a los requisitos para la protección de acuíferos durante el mantenimiento y rehabilitación de pozos de extracción de agua y para el cierre de pozos en general, podrá tomarse como guía para el mantenimiento del pozo de descarga, asimismo, se realizarán los análisis de calidad que se establezcan el título de concesión que otorgue la CONAGUA al proyecto.

La calidad de agua tratado tanto para el riego de áreas verdes como para su descarga contará con los parámetros de calidad del agua establecidos en la NOM-001- SEMARNAT-2021 y NOM-003-SEMARNAT-1997.

Dar el adecuado mantenimiento a la Planta de ósmosis Inversa

La alteración de la calidad del agua por un derrame de hidrocarburos, aceites, lubricantes y/o productos químicos implica atender inmediatamente el accidente para minimizar El daño al área afectada siguiendo los planes de contingencia que deberán desarrollarse. En este sentido, la acción de mitigación será interrumpir el derrame evitando su propagación y/o aplicar los métodos de contención que se estipulen(absorbentes,etc.), dándose aviso inmediato a la Administración para que ésta alerte de la situación a la autoridad correspondiente y defina las acciones a seguir. Una vez que se haya superado la emergencia, se deberá analizar las medidas concretas de mitigación necesarias para la restitución del medio afectado

Factor	Impactos
Residuos	Incremento en la generación de residuos sólidos y de manejo especial Incremento en la generación de residuos peligrosos

DESCRIPCIÓN:

Se espera la generación de residuos sólidos derivados del consumo de alimentos y bebidas por parte de los trabajadores que se encuentren en las actividades de esta etapa, así como residuos sanitarios y aguas residuales.

Asimismo, que se generen residuos derivados de materiales de construcción y residuos inorgánicos.

Se esperan residuos de obra generados a partir de la instalación de la planta, tales como,

pedacería de plástico, PVC, mosaico y vidrio

Asimismo, se prevé generar material derivado de las actividades de perforación y que pudieran generarse en algún momento residuos peligrosos en bajo volumen derivado del

MEDIDAS:

Se colocarán contenedores identificado de acuerdo con el tipo de residuos que se generen.

Los trabajadores recibirán pláticas orientadas a la correcta disposición de los residuos.

Los residuos que no sean susceptibles de reciclaje serán trasladados al relleno sanitario municipal.

Los residuos peligrosos se acopiarán en el almacén de residuos peligrosos con el que cuenta el Plan Maestro, posteriormente, serán entregados a una empresa autorizada en su manejo y disposición final.

A fin de evitar que se generen residuos peligrosos, se preverá que la maquinaria se encuentre en óptimas condiciones a fin de no suministrarle combustible en el predio.

En cuanto al manejo de aguas residuales, se utilizarán los sanitarios portátiles a razón de 1 por cada 15 trabajadores, los cuales recibirán limpieza y mantenimiento cada tercer día por parte de una empresa que cuente con permiso de la autoridad competente para realizar la colecta y traslado de las aguas residuales a una planta de tratamiento (PTAR).

Los lodos que resulten del proceso de tratamiento de agua inicialmente podrán convertirse en lodos de retorno, es decir, ser sedimentados y separados del agua limpia residual y llevarlos de nueva cuenta al tanque de aireación biológico, no obstante, una vez que por sus características lo lodos no puedan ser considerados de retorno, procederán a desactivarse y ser utilizados como abono para las áreas verdes del Condominio Maestro o bien, disponerse con una empresa autorizada. La calidad de los mismos, cumplirán con los parámetros establecidos en la NOM-004- SEMARNAT-2002 para lodos y biosólidos, la cual establece los límites máximos permisibles de contaminantes contenidos para su aprovechamiento y disposición final.

Factor	Impactos
Infraestructura y servicios en la zona	Aumento en la demanda de energía eléctrica.

DESCRIPCIÓN:

El suministro de energía eléctrica incrementará con la operación de la planta de tratamiento, no obstante, éste será suministrado a través de la red de la CFE.

MEDIDAS:

Se deberá llevar a cabo un Programa de Mantenimiento Preventivo y Correctivo de las instalaciones de la planta.

Se promoverán y establecerán políticas y metas que permitan lograr el ahorro del recurso energético.

Durante la operación del proyecto se contará con el equipo de seguridad necesario para el personal a cargo (guantes, protectores de ruido, señalización de las áreas restringidas, etc.) para prevenir que acontezcan accidentes.

Factor	Impactos
Población y salud humana	Implicará la posibilidad de un accidente de trabajo. Riesgo de exposición de personas a eventos meteorológicos.

DESCRIPCIÓN:

Se corre el riesgo de que al realizar las actividades ocurran accidentes que atenten contra la integridad física de los trabajadores; así mismo, el mal manejo de los residuos y la falta de higiene por parte de los trabajadores pueden ocasionarles enfermedades.

MEDIDAS:

El personal de obra contará con equipo de seguridad mínimo necesario que permita mantenerlo protegido, dependiendo de la actividad que realice (casco, chaleco y botas lentes, tapones para los oídos, etc.).

Se colocarán señalizaciones y carteles fomentando el uso de los equipos de seguridad dentro del proyecto.

Se impartirán pláticas de seguridad e higiene y cuidado de medio ambiente.

En caso de la presencia de algún huracán o tormenta tropical que pudiera poner en riesgo la vida del personal, se retirará al personal por lo menos un día antes de la llegada del fenómeno natural, y se seguirán todas las disposiciones del personal de protección civil.

Factor	Impactos
Economía	Generación de empleos

DESCRIPCIÓN:

Debido a que contribuye a la generación de empleos, se prevé que el proyecto gozará de aceptación en la comunidad, particularmente en los cercanos al mismo.

MEDIDAS:

A fin de impulsar la economía y generación de empleo local, el personal contratado para la operación de la planta será preferentemente de la zona.

VII PRONOSTICOS AMBIENTALES Y EN SU CASO EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS

Al evaluar las alternativas relacionadas con la implementación de una planta de tratamiento de aguas residuales de nivel terciario para un desarrollo suburbano, es crucial considerar diferentes opciones que puedan cumplir con los objetivos ambientales y satisfacer las necesidades de la comunidad.

La evaluación de alternativas puede incluir opciones como el tratamiento descentralizado, la reutilización local del agua tratada, la implementación de tecnologías avanzadas, la integración de energías renovables y la planificación del uso eficiente del agua. Cada una de estas alternativas tiene ventajas y desventajas que deben ser analizadas cuidadosamente.

Es importante tener en cuenta aspectos técnicos, ambientales, económicos y sociales, así como la viabilidad y factibilidad de implementación en el contexto específico del desarrollo suburbano. También es fundamental considerar la eficiencia energética, la gestión de residuos, el impacto en los ecosistemas acuáticos y la protección de la salud pública.

En última instancia, la selección de la alternativa más adecuada debe basarse en una evaluación exhaustiva y equilibrada de estos aspectos, priorizando la sustentabilidad y el bienestar a largo plazo de la comunidad buscando soluciones integrales y equilibradas que minimicen los impactos negativos y maximicen los beneficios ambientales y sociales.

Se estaría promoviendo un desarrollo sustentable donde el recurso agua puede ser aprovechado hoy y en tiempo futuro, debido a que la cantidad de agua salobre en este acuífero kárstico y costero es una excelente fuente alterna de abastecimiento que ahora puede ser potabilizada mediante el proceso de ósmosis inversa y proveer de agua potable. Los impactos derivados de la operación de la ósmosis inversa y la protección del acuífero son compatibles asegurándose mediante el monitoreo continuo de la conductividad eléctrica.