# CAPITULO I

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

## MANIFESTACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL, MOD. PARTICULAR PARA EL PROYECTO:

## CASA FLORES

SISAL, HUNUCMÁ, YUCATÁN
NOVIEMBRE, 2025

**MANIFESTACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL, MOD. PARTICULAR DEL PROYECTO "CASA FLORES"**

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

## 1.1. Nombre del proyecto

CASA FLORES

## 1.2. Datos del promovente

### 1.2.1. Nombre o razón social:

Liliana Flores Bracho

### 1.2.2. Registro Federal de Contribuyentes (RFC):

### 1.2.3. Dirección del promovente o su representante legal para recibir u oír notificaciones:

## 1.3. Datos generales del responsable del estudio de impacto ambiental.

### 1.3.1. Nombre o razón social:

PRODESES

### 1.3.2. Registro Federal de Contribuyentes (RFC):

PRO151228LZA

### 1.3.3. Nombre del responsable técnico de la elaboración del estudio:

### 1.3.4. cédula profesional:

### 1.3.5. Dirección del responsable del estudio:

# CAPITULO II

# DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

## MANIFESTACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL, MOD. PARTICULAR PARA EL PROYECTO:

## CASA FLORES

SISAL, HUNUCMÁ, YUCATÁN
NOVIEMBRE, 2025

**TABLA DE CONTENIDO**


II. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO ..... 1
II.1. Información general del proyecto ..... 1
II.1.1. Naturaleza del proyecto ..... 1
II.1.2. Selección del sitio ..... 2
II.1.3. Ubicación física del proyecto ..... 3
II.1.4. Inversión requerida ..... 5
II.1.5. Superficie total requerida (dimensiones del proyecto) ..... 6
II.1.6. Distribución arquitectónica del proyecto ..... 7
II.1.7. Uso actual del suelo en el sitio del proyecto ..... 9
II.1.8. Urbanización del área y descripción de los insumos y servicios requeridos ..... 11
II.1.8.1. Sistema de tratamiento de aguas residuales ..... 11
II.1.8.1.1. Sistema Principal ..... 11
II.1.8.2. Abastecimiento de agua ..... 13
II.1.8.2.1. Sistema de abastecimiento ..... 14
II.1.8.2.2. Cisterna de almacenamiento ..... 14
II.1.8.2.3. Distribución y uso del agua ..... 14
II.1.8.2.4. Eficiencia y uso racional ..... 14
II.1.8.3. Energía eléctrica ..... 15
II.1.8.4. Vialidades y accesos ..... 15
II.1.8.5. Manejo de residuos sólidos ..... 15
II.2. Características particulares del proyecto ..... 15
II.2.1. Programa general de trabajo ..... 15
II.2.2. Requerimiento de personal y maquinaria ..... 16
II.2.3. Descripción de obras y actividades provisionales ..... 17
II.2.4. Preparación del sitio ..... 18
II.2.5. Construcción ..... 18
II.2.5.1. Cimentación ..... 18
II.2.5.2. Muros de carga. ..... 18
II.2.5.3. Losa de entrepiso y azotea ..... 19
II.2.5.4. Instalaciones. ..... 19
II.2.5.5. Acabados. ..... 19
II.2.5.6. Áreas exteriores y complementarias ..... 20
II.2.6. Etapa de operación y mantenimiento ..... 20
II.2.7. Descripción de obras asociadas el proyecto ..... 21
II.2.8. Etapa de abandono del sitio ..... 21
II.2.9. Utilización de explosivos ..... 21
II.2.10. Generación, manejo y disposición de residuos sólidos, líquidos y emisiones a la atmósfera ..... 21
II.2.11. Infraestructura destinada para el manejo y disposición de los residuos ..... 22

# II. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

## II.1. Información general del proyecto

El proyecto denominado **"Casa Flores"** consiste en la construcción de una vivienda veraniega de carácter habitacional, ubicada a aproximadamente cinco kilómetros de la localidad de Sisal, en el municipio de Hunucmá, Yucatán. El predio, identificado con el tablaje catastral número 4695, se extiende sobre una superficie de 1,411.98 $m^2$.

El diseño del proyecto contempla la construcción de la vivienda principal, una alberca, un estacionamiento de terracería, un andador, áreas ajardinadas y libres, así como un biodigestor y una cisterna de 25,000 litros, cuyo abastecimiento se garantizará mediante pipas durante la etapa operativa del proyecto. Además, se prevé la conservación de una porción del predio como área de conservación, con el objetivo de mantener la cobertura vegetal y la biodiversidad local.

Esta integración de áreas construidas y áreas de conservación refleja una intención de reducir la alteración del entorno natural y de fomentar prácticas sostenibles en la operación de la vivienda, siguiendo lineamientos de desarrollo sustentable propuestos por los ordenamientos y normatividad aplicable.

La distribución de áreas ha sido cuidadosamente planificada, de manera que las zonas no permeables representan aproximadamente el 23.19% del total del predio, mientras que los espacios libres, ajardinados, de conservación considerada superficie permeable constituyen aproximadamente el 76.81% de la superficie, favoreciendo la infiltración de agua pluvial, la conservación de suelos y la permanencia de hábitats para la fauna local.

### II.1.1. Naturaleza del proyecto

El proyecto "Casa Flores" se concibe como una vivienda veraniega de carácter habitacional, ubicada en un predio de 1,411.98 $m^2$ a aproximadamente cinco kilómetros al norte de la localidad de Sisal, en el municipio de Hunucmá, Yucatán. El diseño prioriza la ocupación mínima del suelo, la conservación de áreas verdes y la integración de infraestructura indispensable para la operación de la vivienda, garantizando así un equilibrio entre desarrollo y conservación ambiental.

El proyecto se caracteriza por la construcción de la vivienda principal, acompañada de elementos complementarios que incluyen alberca, estacionamiento, andador, áreas ajardinadas y de esparcimiento, así como un biodigestor y una cisterna de 25,000 litros para el manejo autónomo del agua durante la operación. La distribución espacial de las áreas ha sido planeada de forma que se minimicen los impactos sobre la vegetación y la fauna local, concentrando las obras en una porción reducida del predio, mientras que más del 76% del terreno se mantiene como área libre o de conservación. Esta disposición asegura la preservación de la cobertura vegetal existente y facilita la infiltración natural de agua pluvial, evitando la erosión y protegiendo los recursos hídricos subterráneos (Rzedowski, 2006).

La finalidad principal del proyecto es brindar un espacio seguro y funcional para uso vacacional y familiar, incorporando elementos de sostenibilidad como el biodigestor para tratamiento de aguas residuales y la conservación de áreas verdes. Su naturaleza se considera no industrial y de bajo impacto ambiental, dado que no incluye procesos productivos, generación significativa de residuos peligrosos ni modificaciones mayores al relieve o al ecosistema local. Sin embargo, el proyecto reconoce la importancia de adoptar medidas preventivas y correctivas para proteger la biodiversidad y los recursos naturales, conforme a las recomendaciones de lineamientos ambientales para proyectos habitacionales en zonas costeras del sureste mexicano (García y Blancas, 2015).

En términos legales y técnicos, la naturaleza del proyecto se clasifica como residencial unifamiliar con infraestructura auxiliar, destacando la implementación de elementos que permiten el manejo responsable de recursos como agua y suelo, la integración paisajística con el entorno y la minimización de impactos directos sobre el medio natural.

Con base en lo anteriormente planteado, la naturaleza del proyecto Casa Flores se define como la de una vivienda veraniega sostenible, con infraestructura mínima e indispensable, organizada de manera que respete y conserve los elementos naturales del predio, con objetivos claros de funcionalidad y sostenibilidad ambiental, cumpliendo con los lineamientos establecidos por la normativa y ordenamientos vigentes para proyectos habitacionales de baja escala en zonas costeras y áreas con biodiversidad representativa de la península de Yucatán**.**

### II.1.2. Selección del sitio

La selección del sitio para la ubicación del proyecto Casa Flores se fundamenta en criterios ambientales, de accesibilidad, funcionalidad y conservación del entorno natural. El predio elegido se encuentra a aproximadamente 5 km de la localidad de Sisal, en el municipio de Hunucmá, Yucatán, dentro del tablaje catastral número **4695**.

Uno de los factores determinantes en la selección del sitio fue la topografía y composición del suelo, característica de la región costera de Yucatán. La zona presenta suelos someros y permeables, principalmente **Leptosoles** y **Regosoles**, que facilitan la infiltración de agua pluvial y reducen riesgos de inundación, lo que representa una ventaja para la construcción de una vivienda de carácter estacional y la ubicación de la cisterna que abastecerá de agua durante la operación mediante pipas continuas. Asimismo, la topografía relativamente plana del predio permite la construcción de la vivienda, los andadores, la alberca y el estacionamiento sin necesidad de movimientos de tierra extensivos, minimizando así la alteración del suelo y la pérdida de cobertura vegetal.

El criterio de conservación ambiental también fue determinante en la selección del sitio. El predio permite destinar una proporción significativa de su superficie, aproximadamente un 30.79%, a área de conservación, preservando la vegetación original y la conectividad ecológica local, elementos fundamentales para la fauna y flora típicas de la selva baja caducifolia costera (Rzedowski, 2006; García y Blancas, 2015). Esta estrategia

contribuye a mantener la calidad del suelo, la biodiversidad y la funcionalidad de los ecosistemas, integrando el proyecto de manera armónica al paisaje natural circundante.

La proximidad a la localidad de Sisal constituye otro factor relevante, ya que facilita la accesibilidad, el transporte de materiales y la conexión a servicios básicos, sin afectar significativamente el entorno urbano ni generar presiones adicionales sobre infraestructuras existentes. Esta ubicación estratégica permite también una gestión eficiente de recursos, incluyendo el suministro de agua mediante pipas durante la operación, evitando la extracción directa de acuíferos locales y reduciendo riesgos de sobreexplotación (CONAGUA, 2018).

Finalmente, la selección del sitio consideró criterios de seguridad y funcionalidad, priorizando un área que permita la integración de la vivienda, espacios de recreación y zonas de conservación, garantizando que la infraestructura se ubique sobre la mínima superficie necesaria y que se mantenga un balance adecuado entre construcción y preservación ambiental. Esta planificación cumple con los lineamientos técnicos y ambientales establecidos por la SEMARNAT para proyectos habitacionales en zonas costeras y áreas con biodiversidad representativa de la península de Yucatán.

Con base en lo anteriormente planteado, se seleccionó el predio respondiendo a criterios integrales de sostenibilidad, accesibilidad, conservación y seguridad, asegurando que la ubicación de la vivienda y sus infraestructuras complementarias minimice impactos ambientales, favorezca la preservación de ecosistemas locales y cumpla con los lineamientos técnicos y regulatorios aplicables.

### II.1.3. Ubicación física del proyecto

El proyecto denominado **"Casa Flores"** consiste en una **casa habitacional veraniega**, que contempla área habitacional, Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR), alberca, estacionamiento de terracería, andador, áreas libres, ajardinadas y de conservación.

El predio se encuentra a aproximadamente 5 km. de la localidad de Sisal, en el municipio de Hunucmá, Yucatán, marcado con el **tablaje con número catastral 4695** ubicado en la localidad y puerto de Sisal, municipio de Hunucmá, estado de Yucatán. El acceso al predio se realiza desde la ciudad de **Mérida** a través de la **Carretera Federal 281** con dirección al puerto de **Celestún**. Posteriormente, se toma la **desviación hacia Sisal**, la cual forma parte de la misma vialidad. Una vez en la localidad de **Sisal**, se continúa por la **calle 20** tomando la **desviación a la izquierda**, avanzando aproximadamente **5 kilómetros** hasta llegar al sitio del proyecto.

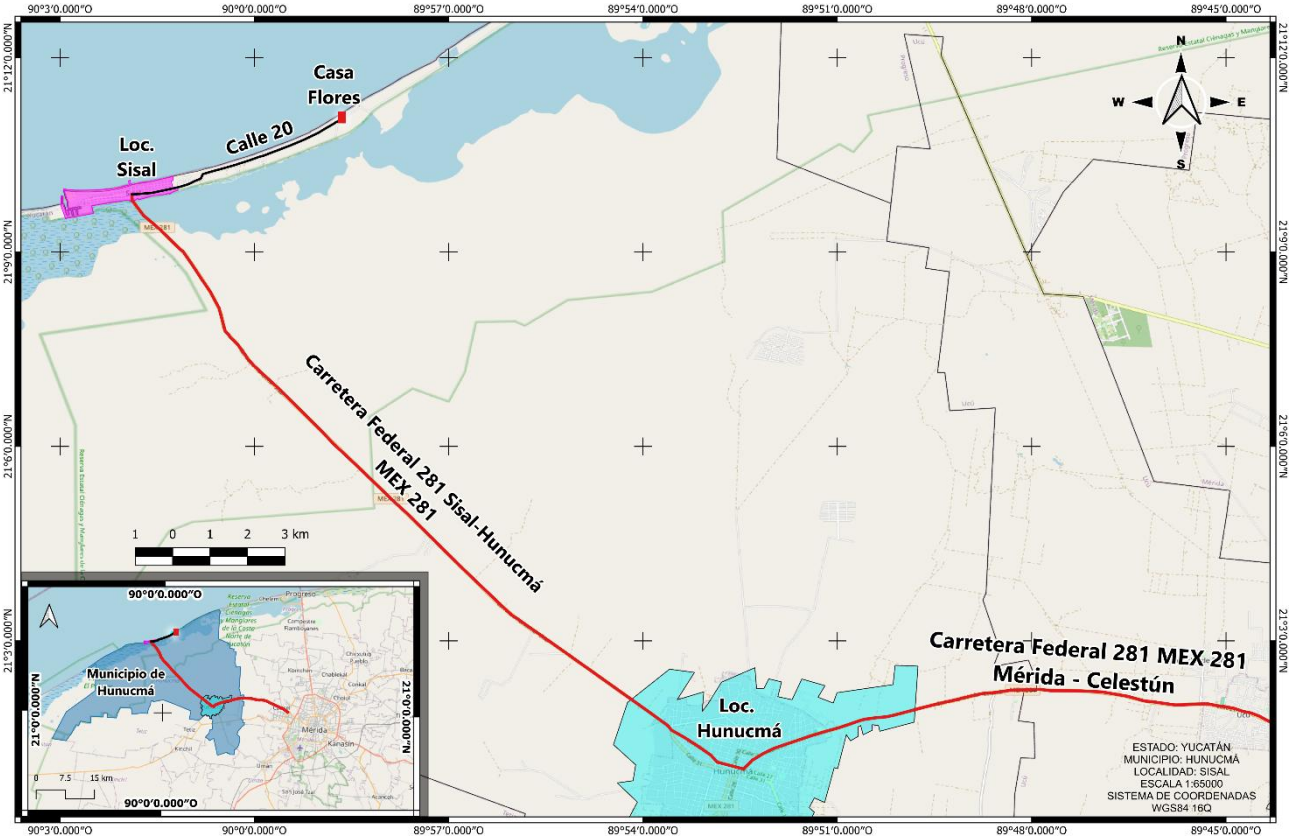



**Figura 1. Macrolocalización y rutas de acceso**




**Figura 2. Microlocalización del polígono del predio**

La superficie total del lote es de **1,414.04 m²** y se encuentra delimitado por las siguientes coordenadas:

**Tabla 1. Coordenadas del polígono del proyecto (UTM)**

| Vértice | X | Y |
|---|---|---|
| **14** | 190,853.9370 | 2,345,566.9690 |
| **15** | 190,862.2470 | 2,345,572.5460 |
| **110** | 190,835.3279 | 2,345,384.3126 |
| **111** | 190,827.0181 | 2,345,378.7367 |

En la determinación de la capacidad de carga del predio, se ha considerado la exclusión de la superficie de **95.79 m²** correspondiente a la **servidumbre de paso** inscrita formalmente mediante escritura pública número 1426, de fecha 14 de septiembre de 2011, ante la fe del Notario Público Raúl Alberto Pino Navarrete, como consta en el Número de Inscripción 436555 y Folio Electrónico del Predio 104593. Esta servidumbre se encuentra delimitada con coordenadas UTM y puntos georreferenciados expresamente indicados en dicha escritura, siendo las siguientes:

**Tabla 2. Coordenadas UTM de servidumbre de paso.**

| Vértice | X | Y |
|---|---|---|
| **48** | 190,850.246 | 2,345,488.629 |
| **49** | 190,842.031 | 2,345,483.717 |
| **76** | 190,840.207 | 2,345,470.966 |
| **77** | 190,848.422 | 2,345,475.879 |

Por tanto, la superficie del tablaje se desglosa como se muestra a continuación:

**Tabla 3. Distribución de superficie del Tablaje 4695.**

| CONCEPTO | SUPERFICIE (m²) |
|---|---|
| **Tablaje 4695** | **1,316.19** |
| **Servidumbre de paso** | 95.79 |
| **TOTAL** | **1,411.98** |

Dado que esta franja se destina exclusivamente al tránsito, conforme a los términos estipulados en el acto notarial, no forma parte de las superficies útiles para el desarrollo de actividades del proyecto.

### II.1.4. Inversión requerida

La inversión total requerida es de **$3,500,000.00 pesos aproximadamente**, puesto que el proyecto cuenta la vivienda principal, accesos, áreas verdes, zona de conservación y demás elementos previamente mencionados. El presupuesto señalado incluye al ambiental, considerados en un 2% del presupuesto, los cuales se aplicarían de manera independiente los costos para la implementación de medidas de prevención, mitigación y compensación de los posibles impactos en caso de autorizarse el proyecto y conforme a las propuestas que se presentarán más adelante.

### II.1.5. Superficie total requerida (dimensiones del proyecto)

El proyecto Casa Flores ocupa un predio de **1,411.98 m²**, tal superficie se ha distribuido de manera que se integren de forma armónica las áreas construidas, los espacios de esparcimiento y las zonas de conservación. La distribución de superficies por uso se presenta en la tabla de distribución de las superficies en el predio del proyecto, donde se detallan las áreas habitacionales, la alberca, el estacionamiento de terracería, los andadores, asoleaderos, jardines, área libre, biodigestor, cisterna y camino existente, así como el área destinada a conservación. Esta organización busca optimizar el uso del espacio, concentrando la infraestructura mínima indispensable sobre aproximadamente un 28% del predio, mientras que las áreas libres y de conservación representan más del 72% de la superficie total, favoreciendo la preservación del entorno natural y la infiltración de agua pluvial (Rzedowski, 2006).

**Tabla 4.Distribución de las superficies en el predio del proyecto**

| Descripción | Superficie ($m^2$) | Proporción |
|---|---|---|
| Habitacional | 154.71 | 10.96 |
| Alberca | 18.90 | 1.34 |
| Estacionamiento de terracería | 43.61 | 3.09 |
| Andador | 119.63 | 8.47 |
| Asoleaderos | 56.30 | 3.99 |
| Área libre | 466.36 | 33.03 |
| Biodigestor | 7.43 | 0.53 |
| Cisterna | 7.52 | 0.53 |
| Camino existente | 95.79 | 6.78 |
| Jardines | 6.31 | 0.45 |
| Área de conservación | 435.42 | 30.84 |
| **Total** | **1411.98** | **100.00** |

Para facilitar la comprensión espacial de la distribución, se presenta la representación gráfica de las áreas proyectadas, donde se muestran claramente las zonas construidas, los espacios de recreación y las áreas de conservación. Esta representación permite observar cómo la vivienda y las infraestructuras complementarias se integran al terreno, respetando la topografía existente y manteniendo la conectividad ecológica dentro del predio.

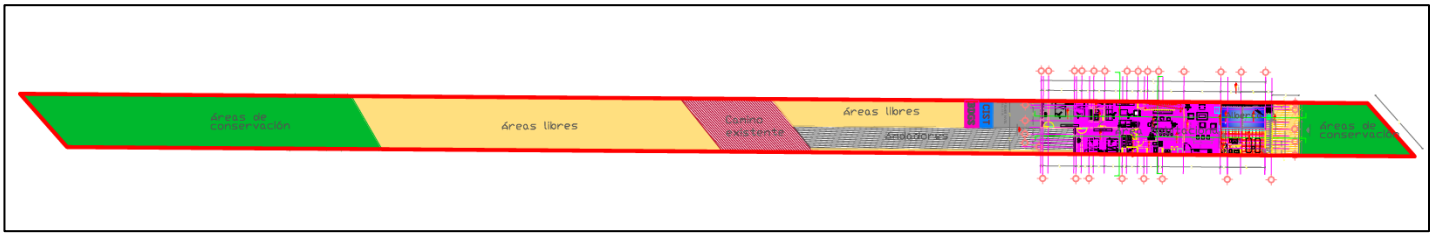



**Figura 3. Perspectiva de las áreas del proyecto en la planta baja**

Asimismo, la incorporación de la cisterna con llenado continuo mediante pipa, prevista para la etapa de operación, se ha localizado estratégicamente para garantizar el suministro de agua sin afectar áreas sensibles y minimizando el impacto sobre la cobertura vegetal existente.

La superficie total requerida para el proyecto Casa Flores y su distribución interna han sido definidas con criterios de eficiencia, sostenibilidad y preservación ambiental, garantizando que cada área cumpla con su función específica mientras se minimizan los impactos sobre el entorno natural. La información presentada en las tablas y el plano permite una visualización clara y detallada de la ocupación del predio y constituye una base sólida para la gestión ambiental del proyecto.

### II.1.6. Distribución arquitectónica del proyecto

El proyecto "Casa Flores" corresponde a una residencia unifamiliar tipo playa diseñada para uso habitacional permanente o temporal. La edificación se desarrolla en tres niveles con una altura total de 9.20 metros, integrando una volumetría compacta y proporcional al entorno construido de la zona costera de Sisal, Yucatán. Su configuración prioriza la ventilación cruzada, el aprovechamiento de la luz natural y la armonía visual con el paisaje costero.

La estructura se proyecta con sistema constructivo convencional, a base de cimientos corridos, muros de block hueco, losas macizas de concreto armado y acabados de bajo mantenimiento, adecuados para el ambiente salino. Las secciones verticales muestran una composición equilibrada con alturas interiores aproximadas de 3.00 m por nivel, asegurando confort térmico y buena circulación del aire.

**Planta baja:** En este nivel se localizan las áreas de servicio y acceso principal del inmueble. Comprende un estacionamiento interior para dos vehículos, un cuarto de lavado y máquinas, la escalera interior que comunica los tres niveles, así como un acceso interno. Se incluyen además una jardinera techada y un arenero cubierto, que funcionan como áreas de transición y amortiguamiento térmico entre el exterior y el interior de la vivienda.

**Primer nivel:** El primer nivel concentra las áreas de estancia y convivencia familiar. Incluye una terraza techada que da acceso a la cocina, comedor, sala, y un medio baño de uso común. A lo largo del pasillo principal se distribuyen las dos primeras recámaras, cada una con baño completo y terraza privada orientada para el aprovechamiento de la ventilación natural. Este nivel constituye la zona habitacional principal y cuenta con la escalera que conecta al segundo nivel.

**Segundo nivel:** Este nivel corresponde a las áreas de descanso y recreación complementarias. Dispone de una terraza cubierta y una sala de juegos, comunicadas por un pasillo central que conduce a las áreas privadas. Se integran tres recámaras adicionales, cada una con baño completo y terraza independiente. El diseño favorece la circulación del aire y la captación de iluminación natural mediante aberturas orientadas estratégicamente.

**Tabla 5. Distribución de las áreas funcionales de cada uno de los niveles contemplados en el proyecto**

| Planta baja | Primer nivel | Segundo nivel |
|---|---|---|
| Estacionamiento interior | Terraza techada | Terraza cubierta |
| Cuarto lavado y maquinas | Cocina | Sala de juegos |

| Planta baja | Primer nivel | Segundo nivel |
|---|---|---|
| Escalera interior | Comedor | Pasillo |
| Acceso interno | Escalera | Área escalera |
| Jardinera techada | Pasillo | Recamara 3 |
| Arenero techado | Sala | Baño 3 |
| | 1/2 baño | Baño 4 |
| | Baño 1 | Recámara 4 |
| | Recamara 1 | Terraza 4 |
| | Terraza 1 | Baño 5 |
| | Baño 2 | Recámara 5 |
| | Recamara 2 | Terraza 5 |
| | Terraza 2 | |

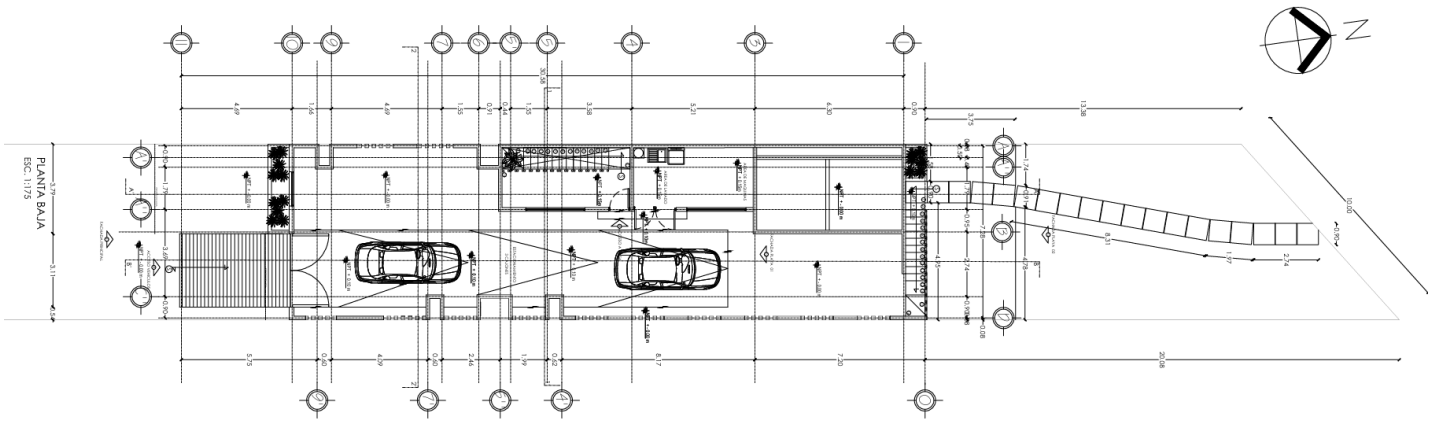



**Figura 4. Perspectiva del desplante arquitectónica de la planta baja**

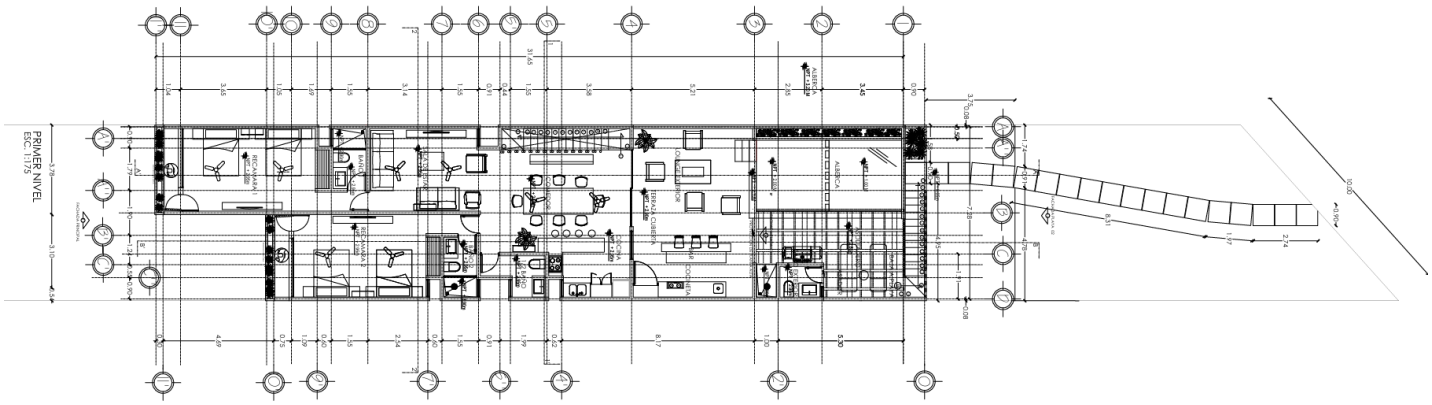



**Figura 5. Perspectiva del desplante arquitectónico de la primera planta+**

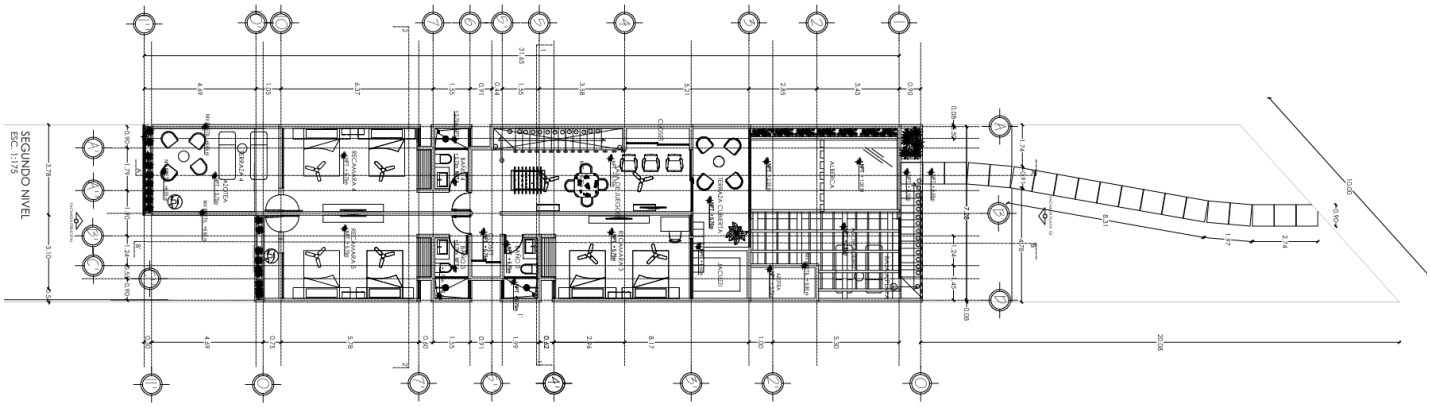



**Figura 6. Perspectiva arquitectónica del segundo nivel**

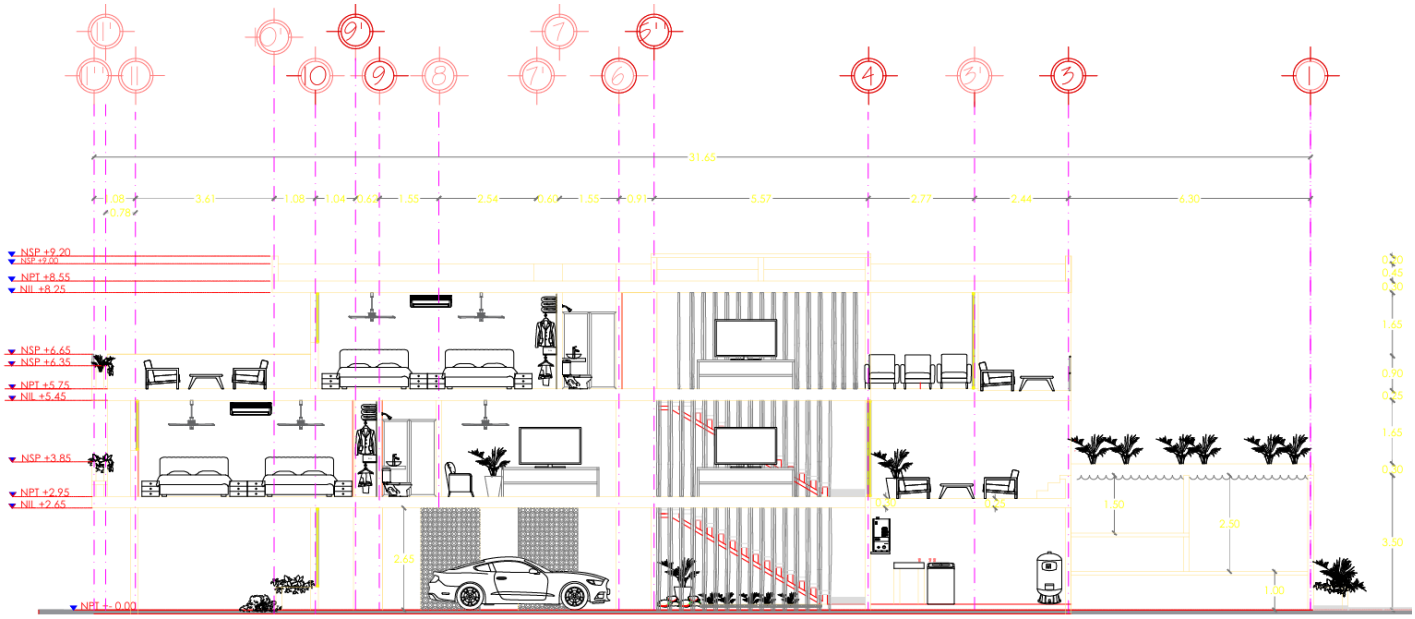



**Figura 7. Perspectiva arquitectónica del corte lateral del proyecto. Se puede observar la altura máxima de 9.20 metros.**

### II.1.7. Uso actual del suelo en el sitio del proyecto

El sitio del proyecto se encuentra inserto en una zona costera con presencia de matorral costero y vegetación de transición hacia manglar. La cobertura vegetal presente corresponde a remanentes de vegetación costera alterada, con evidencias de perturbación indirecta derivada del desarrollo inmobiliario adyacente, así como la apertura de caminos y el tránsito constante de vehículos y personas.

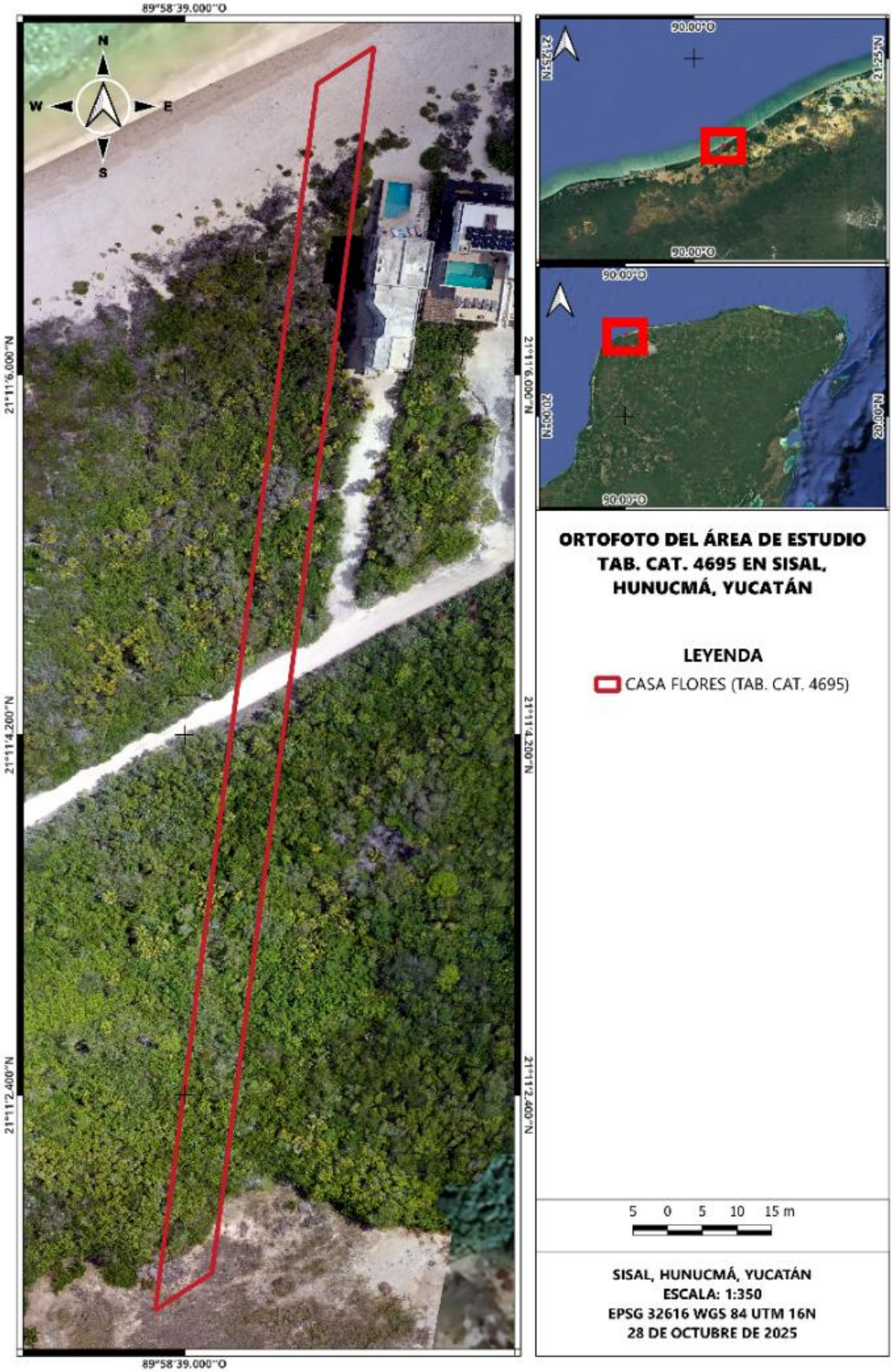



**Figura 8. Ortofoto del proyecto**

Si bien al interior del polígono no se observan construcciones ni actividades productivas activas, el entorno inmediato presenta infraestructura habitacional consolidada y obras asociadas, lo que ha generado modificaciones en la dinámica natural del sitio, incluyendo compactación del suelo, fragmentación del hábitat y posible alteración de los flujos hidrológicos superficiales hacia zonas de manglar. La franja dunar se encuentra igualmente afectada por procesos de erosión inducida y pérdida de vegetación psamófila debido a la presión antrópica en la zona.

En conjunto, el uso actual del suelo se clasifica como vegetación costera secundaria perturbada, inmersa en un contexto de desarrollo turístico-residencial en proceso de consolidación.

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

El proyecto contempla la habilitación del predio mediante la implementación de infraestructura básica y servicios necesarios para su operación, asegurando el cumplimiento de la normatividad ambiental vigente en zonas costeras. La urbanización se limitará exclusivamente a lo indispensable, evitando la remoción innecesaria de vegetación y manteniendo la permeabilidad del suelo.

#### II.1.8.1. Sistema de tratamiento de aguas residuales

##### II.1.8.1.1. Sistema Principal

El manejo de las aguas residuales generadas por la residencia Casa Flores se realizará mediante un **sistema de tratamiento autónomo tipo biodigestor SEPTIK RP-1300**, diseñado para el tratamiento primario y secundario de las aguas domésticas, garantizando la no descarga directa al terreno natural ni al manto freático. Este sistema es ampliamente utilizado en zonas costeras del estado de Yucatán por su **eficiencia, hermeticidad y facilidad de mantenimiento**, siendo totalmente compatible con las condiciones edáficas y climáticas del sitio.

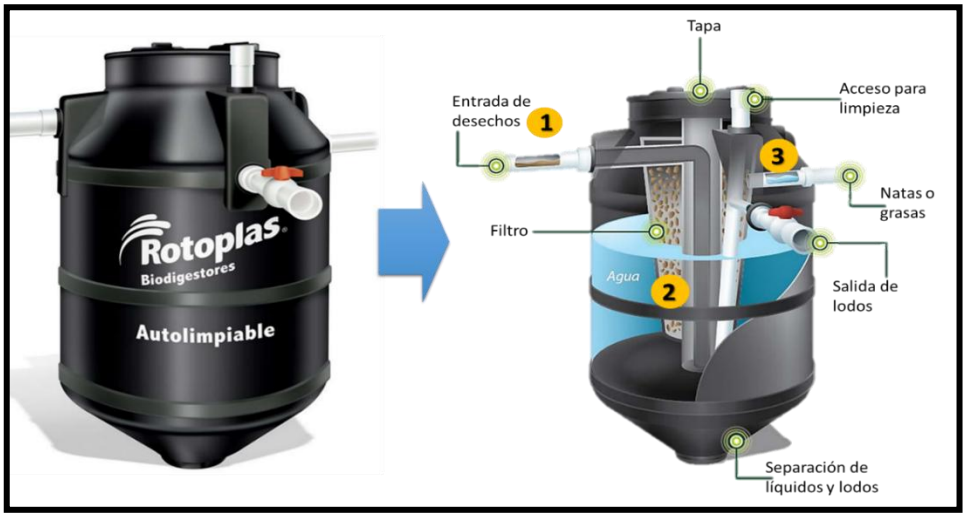



**Figura 9. Visualización general de las principales características y componentes del biodigestor SEPTIK RP-1300**

El proyecto contempla una **ocupación promedio de 4 a 6 personas permanentes**, con generación de aguas residuales provenientes de baños, regaderas, cocina y área de lavado.

De acuerdo con la **Comisión Nacional del Agua (CONAGUA, 2018)**, el consumo promedio por persona en viviendas con equipamiento completo oscila entre **150 y 200 litros diarios**.

Por tanto, el volumen diario estimado de aguas residuales para el proyecto es de:

$$6\ personas\ \times (180\ litros\ \div\ 1\ persona\ \div\ 1\ día) = 1,080\ litros/día$$

Este volumen se encuentra dentro del rango de operación óptima de un **biodigestor modelo SEPTIK RP-1300**, el cual posee una **capacidad nominal de 1,300 litros diarios** y un **volumen útil de 2,200 litros**, garantizando un **tiempo de retención hidráulica suficiente** para el tratamiento biológico anaerobio y la reducción de carga orgánica.

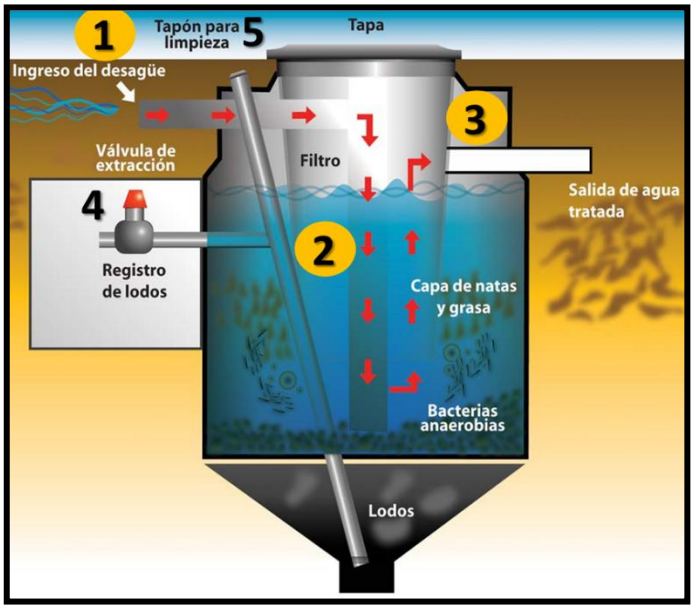



**Figura 10. Esquema de referencia al funcionamiento del Biodigestor**

El sistema estará compuesto por los siguientes elementos:

- **Colector sanitario general:** Las descargas provenientes de baños, lavabos, regaderas, cocina y área de lavado serán canalizadas mediante **tubería de PVC sanitario de 4 pulgadas**, con pendiente mínima del 2 %, hacia la entrada del biodigestor. La instalación se ejecutará herméticamente sellada para evitar fugas, filtraciones o infiltraciones de agua pluvial.
- **Biodigestor SEPTIK RP-1300:** Se instalará un **biodigestor prefabricado de polietileno de alta densidad (PEAD)**, modelo *Rotoplas SEPTIK RP-1300*, diseñado para el tratamiento primario y secundario de aguas residuales domésticas. Su funcionamiento se basa en la **degradación anaerobia de la materia orgánica**, donde los lodos sedimentan en la parte inferior y los gases generados se liberan de manera controlada a través de una válvula de ventilación. Este modelo incorpora un **sistema interno de cámaras secuenciales y filtro biológico**, que incrementa la eficiencia de remoción de contaminantes, alcanzando valores promedio de:

  **$DBO_5$:** 70–80 %

**Sólidos suspendidos totales (SST):** 60–80 %

El biodigestor estará **enterrado parcialmente**, con tapa de acceso hermética y ventilación adecuada. Se construirá sobre una **base de concreto armado de 10 cm de espesor**, garantizando su estabilidad y evitando flotaciones por nivel freático alto.

- **Filtro de grava y arena (pos-tratamiento):** El efluente clarificado del biodigestor se conducirá a un **filtro biológico de grava y arena**, que permitirá la depuración final mediante procesos físicos de filtración y adsorción. Este filtro estará contenido en una caja de mampostería impermeabilizada, con salida hacia el sistema complementario de humedal o, en su caso, hacia un pozo de absorción final.
- **Pozo de absorción:** El pozo de absorción se construirá en el área asignada para tal fin, con **diámetro de 1.0 m y profundidad de 3.0 m**, con paredes de **anillos prefabricados de concreto o block hueco**, con juntas abiertas y fondo natural permeable, para permitir la infiltración gradual del efluente tratado al subsuelo, sin generar escurrimientos superficiales. Se ubicará a más de **15 m de la cisterna, alberca o cualquier fuente de agua**, y a más de **30 m de cualquier cuerpo de agua natural o artificial**, cumpliendo con las distancias mínimas establecidas por la **NOM-006-CONAGUA-1997**.

Para la operación y mantenimiento también se considera lo siguiente:

- El sistema no requiere energía eléctrica para su funcionamiento.
- El mantenimiento consiste únicamente en la extracción del lodo estabilizado acumulado en el biodigestor, cada 24 a 36 meses, dependiendo de la carga orgánica.
- El material retirado deberá disponerse mediante empresa autorizada o confinamiento temporal dentro del predio para su secado y posterior retiro controlado, evitando su vertido directo al suelo.
- El biodigestor contará con tapa de registro hermética, válvula de aireación y señalización visible, garantizando condiciones de higiene y seguridad.
- Permanecerá enterrado y protegido de la radiación solar directa, prolongando su vida útil y reduciendo riesgos de corrosión.

Para el sistema propuesto, se consideran las siguientes ventajas sobre otros sistemas y fosas sépticas:

- Evita descargas directas al subsuelo y filtraciones contaminantes al manto freático.
- No requiere bombeo ni energía eléctrica.
- Permite tratamiento biológico anaerobio eficiente con mínima generación de olores.
- Su estructura de PEAD evita fugas, corrosión o fracturas.
- su mantenimiento es sencillo y de bajo costo.

Con ello se asegura un **manejo integral del agua residual doméstica**, sin riesgo de contaminación al suelo, vegetación o cuerpos de agua, en cumplimiento con la **NOM-002-SEMARNAT-1996** y la **Ley de Aguas Nacionales**.

### II.1.8.2. Abastecimiento de agua

El predio no cuenta actualmente con conexión a la red municipal de agua potable y, debido a las condiciones geohidrológicas propias de la zona costera de Sisal —caracterizada por suelos kársticos altamente permeables

y un manto freático somero con influencia marina—, la perforación de pozos no resulta una alternativa viable ni recomendable. Esta práctica podría propiciar la intrusión salina, alterar los gradientes naturales de flujo subterráneo y generar afectaciones a la calidad del acuífero costero, considerado de alta vulnerabilidad.

Por lo anterior, el proyecto **no contempla la extracción de agua subterránea**, sino la **implementación de un sistema de almacenamiento y abastecimiento externo** que garantiza el suministro sin afectar el subsuelo.

#### II.1.8.2.1. Sistema de abastecimiento

El abastecimiento se realizará mediante **pipas autorizadas** por el municipio o por prestadores de servicio registrados, las cuales trasladarán agua proveniente de fuentes seguras y controladas. Estas unidades abastecerán la **cisterna subterránea principal**, diseñada con capacidad de **25,000 litros**, suficiente para cubrir las necesidades de consumo doméstico de una vivienda de uso temporal o residencial, considerando dotaciones promedio de 150–200 litros por persona por día y una ocupación máxima estimada de 8 habitantes.

#### II.1.8.2.2. Cisterna de almacenamiento

La cisterna será **subterránea y construida in situ** con **concreto reforzado F'c = 150 kg/cm$^2$**, garantizando **resistencia estructural, impermeabilidad y durabilidad ante la humedad y la salinidad ambiental**. Su estructura incluirá un **revestimiento interno impermeabilizante** tipo sellador epóxico o similar, que evitará filtraciones hacia el terreno natural.

El sistema contará con:

- **Tapa hermética de registro** para inspección y mantenimiento.
- **Sistema de bombeo automático** para la distribución hacia tinacos y líneas internas.
- **Válvula de llenado controlado** y **flotador mecánico o electrónico** que evite el sobrellenado.
- **Ventila con filtro antipolvo e insectos**, asegurando condiciones higiénicas.
- **Desagüe de mantenimiento** para limpieza periódica controlada.

#### II.1.8.2.3. Distribución y uso del agua

El agua almacenada será impulsada hacia un **tinaco de 600 L de capacidad** ubicado en azotea, desde donde se distribuirá por gravedad a las áreas de servicio. La red hidráulica estará compuesta por **tubería de PVC de alta densidad**, con uniones cementadas y ocultas en muros y losas, evitando fugas y reduciendo presiones innecesarias.

#### II.1.8.2.4. Eficiencia y uso racional

El sistema está diseñado para **optimizar el uso del recurso hídrico**, mediante:

- **Grifería y accesorios de bajo consumo** (regaderas, inodoros y lavabos con aireadores o válvulas economizadoras).
- **Control manual y programado de bombeo**, evitando funcionamiento continuo.
- **Mantenimiento preventivo semestral** de la cisterna y tinaco, para garantizar la calidad del agua almacenada.
- **Recolección y aprovechamiento parcial de agua pluvial** en áreas exteriores, destinada a riego o limpieza no doméstica.

Con este esquema, el **suministro de agua al proyecto es completamente autónomo y de bajo impacto ambiental**, ya que no requiere conexión a infraestructura pública ni implica extracción directa del acuífero, asegurando la **preservación del equilibrio hidrológico costero** y la **no afectación del manto freático**.}

#### II.1.8.3. Energía eléctrica

El suministro de energía eléctrica se realizará mediante conexión aérea a la red de la Comisión Federal de Electricidad (CFE), utilizando la infraestructura existente de postes y líneas que se localizan a un costado del camino de terracería que colinda con el predio y que alimenta las viviendas de la zona. No se contempla la instalación de cableado subterráneo ni la apertura de nuevas servidumbres de paso, aprovechando la infraestructura ya establecida, lo que contribuye a minimizar impactos adicionales al entorno.

#### II.1.8.4. Vialidades y accesos

El acceso al predio se realizará a través de la **calle 22**, la cual corresponde a un camino de terracería y arena compactada que parte directamente de la zona urbanizada de la localidad de Sisal y se extiende hacia el área costera donde se ubica el proyecto. Esta vía constituye el acceso principal existente y se encuentra habilitada para el tránsito vehicular ligero.

No se contempla la apertura de nuevas vialidades internas ni la pavimentación o modificación del trazo actual, a fin de mantener las condiciones naturales del terreno, evitar procesos de erosión y no inducir mayores impactos al entorno costero.

#### II.1.8.5. Manejo de residuos sólidos

Los residuos sólidos serán separados en sitio (orgánicos, inorgánicos reciclables y no reciclables) y almacenados temporalmente en contenedores cerrados para su recolección por el servicio municipal o gestor autorizado. Los residuos orgánicos podrán ser aprovechados mediante compostaje controlado.

## II.2. Características particulares del proyecto

### II.2.1. Programa general de trabajo

El proyecto corresponde a una residencia unifamiliar de playa ubicada en Sisal, Yucatán, con una superficie total de 1,414.04 $m^2$. La ejecución del proyecto se desarrollará en tres etapas principales: preparación del sitio y construcción, estimadas en un periodo de dos años, y una etapa de operación de aproximadamente 50 años. Durante la fase inicial, se realizarán labores de delimitación y acondicionamiento del terreno, evitando afectar

las áreas de conservación y vegetación remanente. La secuencia constructiva priorizará el menor impacto ambiental, empleando técnicas convencionales de mampostería con block y losa, y construcciones in situ que permitan la integración armónica con el entorno.

**Tabla 6. Distribución temporal de las actividades y procesos de las etapas de preparación del sitio y de construcción**

| Etapa | Actividad / proceso | Año 1 (cuatrimestres) | | | Año 2 (cuatrimestres) | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| Preparación del sitio | Desmonte, nivelación ligera | ■ | | | | | |
| Construcción | Excavaciones (zapatas, cisterna, alberca, humedal) | ■ | ■ | | | | |
| | Cimentación (cadenas, zapatas, colados) | | ■ | ■ | | | |
| | Muros de carga | | | ■ | ■ | | |
| | Losas (vigueta y bovedilla; armado y colado) | | | | ■ | ■ | |
| | Acabados (aplanados, loseta, pintura) | | | | | ■ | |
| | Instalaciones (hidrosanitarias y eléctricas) | | | | | ■ | |
| | Cisterna (construcción 25,000 L) | | | | | ■ | |
| | Biodigestor (instalación SEPTIK RP-1300) | | | | | | ■ |
| | Humedal HSF (excavación fina, sustrato, plantación) | | | | | | ■ |
| | Limpieza final y entrega | | | | | | ■ |

### II.2.2. Requerimiento de personal y maquinaria

La ejecución del proyecto se apoyará principalmente en mano de obra local, fomentando el conocimiento de la construcción tradicional de la zona. El equipo necesario será mínimo e incluirá maquinaria ligera, como mezcladoras de concreto, bombas de agua para la cisterna y biodigestor, herramientas manuales de corte y excavación, y equipo de transporte menor para materiales.

La utilización de maquinaria pesada será restringida únicamente a movimientos puntuales de tierra necesarios para la construcción de la cisterna subterránea y la nivelación de la plataforma habitacional.

**Tabla 7. Requerimientos de personal proyectados para la ejecución de las actividades y procesos relacionados con la preparación del sitio y la construcción**

| Cargo / función | Requerimiento | Justificación |
|---|---|---|
| **Jefe de obra** | **1** | Coordinación general, seguridad y control de calidad. |
| **Albañiles** | **4** | Levantamiento de muros, acabados estructurales. |

| Cargo / función | Requerimiento | Justificación |
|---|---|---|
| **Ayudantes de albañil** | **4** | Mezclas, acarreo, apoyo en colocación de block. |
| **Carpintero / encofrador** | **2** | Formaletas para cadenas, losas y encofrados. |
| **Armadores de varilla** | **2** | Armado de refuerzos de losas y cadenas. |
| **Yesero / aplanador** | **3** | Para aplanados iniciales y aplanados complementarios y remates. |
| **Colocador de loseta / pisos** | **2** | Acabados |
| **Pintor** | **2** | Acabados finales |
| **Fontanero / plomero** | **2** | Instalaciones hidrosanitarias y puesta en marcha |
| **Electricista** | **2** | Tendido y terminación eléctrica |
| **Peones generales / auxiliares** | **8** | Apoyo en obra, limpieza, movimiento manual. |
| **Operador retroexcavadora** | **1** | Excavaciones puntuales y remates |
| **Operador de compactadora** | **1** | Compactación bases y andadores. |
| **Operador mezcladora / hormigonera** | **1** | Colados continuos en cimentación y remates. |
| **Operador grúa / izado** | **1** | Izado biodigestor/elementos pesados |
| **Técnicos especializados para la instalación biodigestor** | **2** | Montaje y conexión del SEPTIK RP-1300 (Año2). |
| **Técnicos especializados para la instalación del HSF** | **1** | Selección especies, supervisión plantación en HSF. |
| **Personal limpieza y entrega** | **3** | Limpieza final y puesta en operación. |

**Tabla 8. Requerimientos de maquinaria y herramienta proyectados para la ejecución de las actividades de preparación del sitio y construcción**

| Equipo / herramienta | Cantidad | Uso principal |
|---|---|---|
| **Retroexcavadora** | **1** | Excavaciones principales, ajustes/escarpe humedal. |
| **Camión volquete (vuelco)** | **1** | Transporte material excedente y aporte de grava/arena |
| **Compactadora (placa / rodillo ligero)** | **1** | Compactación de plataformas y bases |
| **Mezcladora de concreto (revolvedora)** | **1** | Colados de zapatas, cadenas y firmes y colados complementarios |
| **Bomba de agua / motobomba** | **1** | Colados, limpieza y pruebas |
| **Equipo elevación (grúa pequeña / polipasto)** | **1** | Izado/colocación biodigestor |
| **Herramientas menores / andamiaje** | **variado** | Trabajos de albañilería y acabados |
| **Camión cisterna (reabastecimiento agua, servicio externo)** | **servicio contratado** | Suministro temporal de agua obra; pipas para operación |

### II.2.3. Descripción de obras y actividades provisionales

Durante la fase de preparación, se establecerán delimitaciones provisionales con estacas y cuerdas en los predios destinados a construcción y áreas de uso público como andadores y asoleaderos. Estas delimitaciones servirán para garantizar que las labores se mantengan confinadas a las áreas autorizadas, evitando la afectación de las zonas de conservación. No se prevé la instalación de infraestructura temporal significativa, a excepción de pequeñas bodegas para almacenamiento de materiales y un área de resguardo de herramientas.

### II.2.4. Preparación del sitio

El acondicionamiento del terreno consistirá en la limpieza mínima de vegetación únicamente en los sitios destinados a construcción, caminos y andadores. Las áreas libres, jardines y la zona de conservación de 435.42 $m^2$ no serán intervenidas. Se realizarán excavaciones localizadas para la cimentación de la vivienda, la cisterna subterránea de 7.52 $m^2$ y el biodigestor de 7.43 $m^2$, utilizando técnicas manuales o con maquinaria ligera que reduzca la compactación del suelo y la perturbación ambiental. La nivelación de la plataforma se llevará a cabo de forma gradual, respetando la topografía original en la mayor medida posible.

### II.2.5. Construcción

La construcción de la residencia unifamiliar tipo playa denominada **"Casa Flores"** se llevará a cabo mediante un sistema constructivo **convencional**, característico de la región costera de **Sisal, Yucatán**, utilizando **block de concreto, losas de vigueta y bovedilla, y acabados a base de mortero y cerámica**, sin el empleo de pilotes ni cimentaciones profundas, dada la **buena capacidad de carga y estabilidad del terreno arenoso compactado** del sitio. La altura total proyectada será de **9.20 m**, distribuidos en **planta baja, primer nivel y segundo nivel**, con áreas interiores de **154.71 $m^2$, 154.71 $m^2$ y 151.46 $m^2$**, respectivamente.

La edificación se ajustará a la topografía natural del terreno, evitando cortes y rellenos innecesarios. Se empleará **mano de obra local**, maquinaria ligera y herramientas menores, con el propósito de reducir vibraciones, emisiones y alteraciones al entorno. Los **residuos de excavación y materiales pétreos sobrantes** serán reutilizados en labores de **relleno, nivelación y compactación**, evitando su disposición fuera del predio.

#### II.2.5.1. Cimentación

La cimentación será **superficial** y se ejecutará con base en **zapatas corridas de piedra braza unida con mortero**, sobre terreno natural previamente compactado. Se elaborará una **zanja perimetral** con herramienta manual, en la que se colocará una **cadena de amarre** con **armex 12x12 cm** y colado de concreto **F'c = 150 $kg/cm^2$**, preparado en sitio con revolvedoras portátiles.

El material extraído se reutilizará como relleno compactado en las áreas interiores, y el excedente se aprovechará para **nivelación de patios y andadores**, favoreciendo la infiltración natural del agua de lluvia.

#### II.2.5.2. Muros de carga.

Los muros principales se construirán con **block hueco de 0.15 x 0.20 x 0.40 m**, asentado con mortero **arena-cemento en proporción 1:4**, con refuerzos verticales y horizontales en las esquinas y uniones. estructurales.

Este sistema permite una estructura sólida y térmicamente eficiente, apropiada para el **clima cálido-húmedo** de la zona costera, favoreciendo la **ventilación cruzada y el confort térmico.**

### II.2.5.3. Losa de entrepiso y azotea

Las losas de entrepiso y azotea serán del tipo **vigueta y bovedilla**, con capa de compresión de concreto simple **F'c = 150 kg/cm²**, colado en sitio.

La **nivelación del entrepiso** se realizará con firme de concreto **F'c = 100 kg/cm²**, mientras que la **azotea** llevará acabado a base de **calcreto impermeable**, material ampliamente utilizado en la región por su **bajo peso, alta reflectancia solar y bajo mantenimiento**.

### II.2.5.4. Instalaciones.

Todas las **instalaciones hidráulicas, sanitarias y eléctricas** serán **ocultas** en muros y losas, conforme a las normas técnicas aplicables.

Las redes hidráulicas y sanitarias se construirán con **tubería de PVC de alta densidad**, y se conectarán a una **cisterna subterránea de concreto armado**, construida **in situ**, con capacidad suficiente para abastecer la vivienda.

El sistema de bombeo permitirá la distribución hacia un **tinaco superior de 600 L o más capacidad**, instalado sobre la azotea.

El **pretil perimetral** se levantará con block hueco y aplanado con mortero cemento-cal-polvo, con chaflanes para conducción de escurrimientos pluviales.

### II.2.5.5. Acabados.

Los **muros interiores y exteriores** recibirán aplanado de mortero cemento-cal-polvo, con acabado liso y pintura tipo vinílica resistente a la intemperie.

Los **pisos interiores** se conformarán con firme de concreto simple **(F'c = 100 kg/cm²)** sobre relleno compactado manualmente, con recubrimiento de **loseta cerámica** de acuerdo con el diseño arquitectónico.

En baños y áreas húmedas se emplearán **losetas antideslizantes**, accesorios de **acero inoxidable o materiales resistentes a la oxidación**, y selladores ecológicos para evitar fugas o filtraciones.

### II.2.5.6. Áreas exteriores y complementarias

- **Estacionamiento y andadores.** Se construirán sobre superficie de terracería y suelo compactado, con acabado natural y sin pavimentación rígida, para mantener la permeabilidad del terreno y minimizar la impermeabilización del suelo. El área del estacionamiento será de 43.61 $m^2$ y la de andadores de 119.63 $m^2$.
- **Asoleaderos.** Se delimitarán mediante estructuras ligeras de madera tropical tratada y elementos decorativos que integren el conjunto al paisaje costero, sin cimentación profunda.
- **Alberca.** Tendrá una superficie de **18.90 $m^2$**, construida en concreto reforzado y con un sistema de **recirculación y filtrado cerrado**, empleando **productos ecológicos** para el tratamiento del agua. El mantenimiento permitirá conservar el volumen durante al menos **cuatro meses sin vaciado completo**, reduciendo el consumo y la generación de descargas.
- **Cisterna.** Subterránea, de concreto armado, con impermeabilización integral y tapa hermética, construida en el área de servicios.

### II.2.6. Etapa de operación y mantenimiento

Durante la etapa de operación, que abarcará 50 años, la residencia, la alberca, la cisterna, el biodigestor y los andadores recibirán mantenimiento preventivo mínimo, priorizando la conservación de materiales locales y la eficiencia de sistemas hidráulicos y sanitarios. La cisterna y el biodigestor serán revisados periódicamente para asegurar su funcionamiento óptimo y evitar fugas o derrames. Las áreas verdes, jardines y la zona de conservación recibirán manejo de mantenimiento ecológico sin alteración de la flora nativa.

Debido a que el proyecto consiste en una vivienda de las denominadas "Segunda Residencia", se hace indispensable mantener todas las instalaciones en buen estado durante todo el año, por lo que se realizarán revisiones periódicas del buen funcionamiento de los sistemas eléctrico e hidrosanitario y brindando a estos un mantenimiento periódico.

**Mantenimiento general.** Limpieza periódica del interior de la infraestructura. Actividades de mantenimiento de tipo preventivo o correctivo, tales como pintura de muros exteriores e interiores, reparación de instalaciones en general.

**Mantenimiento del sistema de tratamiento de aguas residuales (biodigestor).** La zona costera no cuenta con red de drenaje, por lo que las aguas residuales serán enviadas a un biodigestor al cual se le realizara limpieza periódica (anual) de los lodos acumulados.

Para el manejo de los lodos extraídos se contratará el servicio de una empresa especializada que será la responsable de la adecuada disposición final de este residuo.

### II.2.7. Descripción de obras asociadas el proyecto

El proyecto contempla infraestructura complementaria mínima: jardines de **6.31 m²,** áreas de asoleaderos de **56.30 m²** y caminos existentes de **95.79 m²** que se conservarán en su configuración actual. La construcción de la cisterna y biodigestor subterráneos permite una gestión de agua y residuos autónoma, reduciendo la dependencia de servicios externos y evitando impacto visual y ambiental.

### II.2.8. Etapa de abandono del sitio

En caso de abandono, se contempla la remoción de estructuras superficiales de mínima intervención, devolviendo las áreas de construcción a su estado original o integrándolas a la vegetación circundante. La cisterna y el biodigestor podrán sellarse y rellenarse con material inerte, garantizando que no exista riesgo de contaminación del suelo o de aguas subterráneas. Las áreas de conservación permanecerán intactas, sin alteración de su cobertura vegetal.

### II.2.9. Utilización de explosivos

No se prevé el uso de explosivos en ninguna fase del proyecto, dado que la construcción es de baja escala, se realizará sobre terreno estable y no se requieren intervenciones profundas que justifiquen esta práctica.

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

La generación de residuos sólidos se limitará a restos de construcción como bloques, madera, empaques y materiales menores, los cuales serán clasificados y trasladados a sitios autorizados. Los líquidos residuales serán tratados mediante el biodigestor, mientras que las aguas pluviales serán conducidas de manera natural hacia áreas de infiltración. Las emisiones a la atmósfera serán mínimas, provenientes principalmente de mezclado de concreto, operación de bombas de agua y transporte de materiales con maquinaria ligera.

| ETAPA | RESIDUO O EMISIÓN GENERADO | MANEJO Y DISPOSICIÓN |
|---|---|---|
| **PS, C** | Los trabajadores generarán residuos fisiológicos. | ***Manejo:*** Se prevé la utilización de baños portátiles para la disposición de los residuos fisiológicos.<br>***Disposición:*** la empresa prestadora del servicio será la responsable de la disposición final de los residuos líquidos de las letrinas portátiles. |

| ETAPA | RESIDUO O EMISIÓN GENERADO | MANEJO Y DISPOSICIÓN |
|---|---|---|
| **PS** | Residuos vegetales producto de retiro de vegetación. | ***Manejo:*** los residuos serán acumulados y trozados. ***Disposición:*** se dispersarán por el área del proyecto para que estos se reintegren al suelo. |
| **PS, C, OM** | Se generarán emisiones a la atmosfera tales como gases de combustión y ruido producto de maquinaria y equipo. | ***Manejo:*** preventivo, uso de maquinaria y equipo de combustión en buen estado. ***Disposición:*** Atmosfera, dispersión natural de los contaminantes. |
| **PS, C** | Los trabajadores generarán residuos sólidos no peligrosos. | ***Manejo:*** Se utilizarán botes de recolección de basura y se destinara una persona encargada de recolección de los sólidos para su traslado y almacenamiento. ***Disposición:*** sitio de disposición final más cercano. |

### II.2.11. Infraestructura destinada para el manejo y disposición de los residuos

No se requiere infraestructura para el manejo y disposición de los residuos. Los residuos sólidos generados serán dispuestos en contenedores con tapa y trasladados diariamente al sitio de disposición final más cercano al proyecto. Se considera que el volumen de residuos sólidos será bajo, ya que los trabajadores serán trasladados a la localidad de Sisal, o en su defecto, a Hunucmá para su alimentación.

En cuanto a los residuos fisiológicos, se contará con una letrina portátil, cuyo manejo y disposición correrá a cargo de la empresa que se contrate. Cabe señalar que dichas letrinas únicamente permanecerán en el área del proyecto el tiempo que dure las etapas de Preparación y Construcción de la obra.

## II.3. Bibliografía

Aguilar Barojas, S. (2005). Fórmulas para el cálculo de la muestra en investigaciones de salud. *Salud en Tabasco*, 11(1–2), 333–338.

Comisión Nacional del Agua (CONAGUA). (2020). *Diagnóstico del agua en el sector doméstico urbano en México.* Subdirección General Técnica, México.

Comisión Nacional del Agua (CONAGUA). (2020). *Normas técnicas complementarias para el diseño y construcción de sistemas de agua potable, alcantarillado y saneamiento*. México.

Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía (CONUEE). (2018). *Guía de eficiencia energética en edificaciones: vivienda unifamiliar*. Secretaría de Energía, México.

Diario Oficial de la Federación (DOF). (1996). *Norma Oficial Mexicana NOM-002-SEMARNAT-1996, que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales a los sistemas de alcantarillado urbano o municipal.* México.

Diario Oficial de la Federación (DOF). (1997). *Norma Oficial Mexicana NOM-003-SEMARNAT-1997, que establece los límites máximos permisibles de contaminantes para las aguas residuales tratadas que se reusen en servicios al público.* México.

Diario Oficial de la Federación (DOF). (2021). *Norma Oficial Mexicana NOM-001-SEMARNAT-2021, que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en cuerpos receptores nacionales.* México

INEGI. (2020). *Encuesta Nacional sobre Consumo Energético en Viviendas Particulares (ENCEVI).* Instituto Nacional de Estadística y Geografía, México.

Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC). (2018). *Factores de emisión y guías para la estimación de emisiones de gases y compuestos de efecto invernadero (GyCEI) en México.* Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT).

Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). (2020). *Encuesta Nacional sobre Consumo Energético en Viviendas Particulares (ENCEVI).* México.

Manual del fabricante Rotoplas. (2023). *Ficha técnica del biodigestor autolimpiable Septi-K RP de 1300 L.* Recuperado de https://rotoplas.com.mx

NMX-AA-164-SCFI-2013. *Análisis de agua – Determinación de la demanda bioquímica de oxígeno (DBO5).* Secretaría de Economía.

NMX-AA-179-SCFI-2018. *Análisis de agua – Determinación de sólidos suspendidos totales (SST).* Secretaría de Economía.

Petróleos Mexicanos (PEMEX). (2021). *Ficha técnica del Gas Licuado de Petróleo (GLP): propiedades físicas y densidad promedio.* México.

Secretaría de Desarrollo Agrario, Territorial y Urbano (SEDATU). (2020). *Catálogo de costos de construcción para vivienda unifamiliar tipo media en la Península de Yucatán.* México.

Secretaría de Energía (SENER). (2022). *Balance Nacional de Energía 2021.* Gobierno de México.

Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT). (2019). *Guía técnica para la estimación de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) en proyectos de infraestructura.* México.

Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT). (2003). *Manual de procedimientos para la elaboración de Manifestaciones de Impacto Ambiental (MIA) de tipo particular.* Dirección General de Impacto y Riesgo Ambiental.

Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT). (2019). *Guía técnica para la estimación de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) en proyectos de infraestructura.* México.

Secretaría del Trabajo y Previsión Social (STPS). (2015). *Catálogo de Ocupaciones de la Construcción en México.* México.

Torres, R. y Castañeda, F. (2016). *Consumo energético en viviendas unifamiliares en zonas cálido-húmedas de México. Revista de la Construcción*, 15(2), 85–97.

Universidad Autónoma de Yucatán (UADY). (2017). *Manual de buenas prácticas para la construcción sustentable en zonas costeras de Yucatán.* Facultad de Ingeniería, Mérida, Yucatán.

# CAPITULO III

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

## MANIFESTACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL, MOD. PARTICULAR PARA EL PROYECTO:

## CASA FLORES

SISAL, HUNUCMÁ, YUCATÁN
NOVIEMBRE, 2025

**TABLA DE CONTENIDO**

III. VINCULACIÓN CON LOS ORDENAMIENTOS JURIDICOS APLICABLES EN MATERIA AMBIENTAL Y, EN SU CASO, CON LA REGULACIÓN DEL USO DE SUELO ..... 3
III.1. Identificación de los instrumentos jurídicos, normativos o administrativos que regulan la obra y/o la actividad que integra el proyecto ..... 3
III.2. Instrumentos administrativos: Programas de Ordenamiento Ecológico del territorio y otros instrumentos regulatorios aplicables ..... 5
III.2.1. Programa de Ordenamiento Ecológico Territorial Costero del Estado de Yucatán (POETCY) ..... 5
III.2.2. Programa Estatal de Ordenamiento Territorial y Desarrollo Urbano de Yucatán (PEOTDUY) ..... 11
III.2.2.1. Ubicación del proyecto en función de las unidades de gestión territorial ..... 11
III.2.2.2. Análisis vinculante con el nivel normativo del POETDUY ..... 14
III.2.2.2.1. PEDUY-001: Vinculación con otros ordenamientos ..... 14
III.2.2.2.2. PEDUY-002: Clasificación de usos y actividades ..... 16
III.2.2.2.3. PEDUY-003: Determinación de la compatibilidad estratégica ..... 17
III.2.2.2.4. PEDUY-004: Compatibilidad con acciones urbanísticas ..... 20
III.2.2.2.5. PEDUY-005: Aptitud de usos y actividades por tipología de Unidad de Gestión Territorial ..... 22
III.2.2.2.6. PEDUY-006: Densidades e intensidades de utilización del proyecto ..... 26
III.2.2.2.7. PEDUY-008: Lineamientos para áreas urbanizadas, urbanizables y no urbanizables. ..... 27
III.2.2.2.8. PEDUY-009: Lineamientos para el ordenamiento de los asentamientos humanos y la vivienda en el territorio. ..... 30
III.2.2.2.9. PEDUY-018: Disposiciones aplicables a zonas de riesgo natural ..... 32
III.2.2.2.10. PEDUY-019: disposiciones aplicables a zonas de riesgo antrópico ..... 34
III.2.2.2.11. PEDUY-020: disposiciones aplicables a zonas de importancia hidrológica ..... 35
III.2.3. Programa de Ordenamiento Ecológico Territorial del Estado de Yucatán (POETY) ..... 37
III.2.4. Programa De Ordenamiento Ecológico Marino Y Regional Del Golfo De México Y Mar Caribe (POEMyRGMyMC) ..... 44
III.2.5. Sitios RAMSAR ..... 52
III.2.6. Áreas de Importancia para la Conservación de Aves (AICAs) ..... 52
III.2.7. Corredor Biológico Mesoamericano ..... 54
III.3. Instrumentos jurídicos: leyes y reglamentos ..... 56
III.3.1. Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA) - Última Reforma DOF 01-04-2024. ..... 56
III.3.1.2. Reglamento de Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA) en Materia de Prevención y Control de Contaminación a la Atmósfera ..... 60
III.3.2. Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos – Última reforma DOF 08/05/2023 . 61
III.3.3. Ley General de Vida Silvestre – Última reforma DOF 16/07/2025 ..... 61
III.3.4. Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable – Última reforma DOF 01/04/2024 ..... 62
III.3.5. Ley de Aguas Nacionales – Última reforma DOF 08/05/2023 ..... 63
III.3.6. Reglamento de Ley de Desarrollo Inmobiliarios del Estado de Yucatán – Última reforma DOF 26/01/2017 ..... 64
III.3.7. Ley General de Asentamiento Humanos, Ordenamiento Territorial y Desarrollo Urbano (LGAHOTDU). Última reforma DOF 01/04/2024 ..... 64
III.3.8. Ley de Asentamiento Humanos, Ordenamiento Territorial y Desarrollo Urbano del Estado de Yucatán (LGAHOTDU). Última reforma DOF 17/04/2025 ..... 65
III.4. Instrumentos normativos: Normas Oficiales Mexicanas ..... 66

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

## III.1. Identificación de los instrumentos jurídicos, normativos o administrativos que regulan la obra y/o la actividad que integra el proyecto

La construcción y operación del proyecto, ubicado en la localidad de Sisal, se encuentra regulada por un conjunto de ordenamientos jurídicos que determinan las condiciones bajo las cuales puede desarrollarse la obra. La identificación de estos instrumentos permite establecer con claridad el marco jurídico aplicable y definir las obligaciones ambientales que deberán ser observadas durante las etapas de preparación del sitio, construcción y operación.

La evaluación de la viabilidad ambiental del proyecto se sustenta en un conjunto integral de instrumentos de política ambiental, los cuales operan en distintos niveles y cumplen funciones específicas dentro del proceso de regulación ambiental en México. Estos instrumentos pueden agruparse en **administrativos**, **jurídicos** y **normativos**, y su aplicación conjunta permite determinar la compatibilidad del proyecto con el territorio, así como las obligaciones legales y técnicas para su desarrollo. En primer lugar, se consideran los **instrumentos administrativos**, entre los que destacan los Programas de Ordenamiento Ecológico del Territorio y los planes de desarrollo urbano. Estos instrumentos constituyen la base para determinar la **viabilidad territorial del proyecto**, ya que establecen los usos de suelo permitidos, las políticas ambientales aplicables a cada unidad de gestión y las restricciones derivadas de la fragilidad ecológica o importancia ambiental del sitio. Su función es definir si el proyecto es **compatible**, **condicionado** o **no compatible** con el territorio, funcionando como el primer filtro regulatorio.

**Tabla 1. Instrumentos administrativos aplicables al proyecto "CASA FLORES"**

| | Ordenamiento | Función |
|---|---|---|
| 1 | Programa de Ordenamiento Ecológico Territorial Costero del Estado de Yucatán (POETCY) | Define la **compatibilidad del proyecto** con la zona costera, criterios ambientales por UGA y restricciones de uso de suelo. |
| 2 | Programa Estatal de Ordenamiento Territorial y Desarrollo Urbano de Yucatán (PEOTDUY) | Regula el **uso de suelo y desarrollo urbano** a nivel estatal; determina la congruencia entre el proyecto y la planeación territorial. |
| 3 | Programa de Ordenamiento Ecológico Territorial del Estado de Yucatán (POETY). | Es complementaría de las anteriores por lo que no define el uso en zona costera, pero si establece políticas ambientales, condicionantes ecológicas y criterios de conservación aplicables al sitio. |
| 4 | Programa De Ordenamiento Ecológico Marino Y Regional Del Golfo De México Y Mar Caribe (POEMyRGMyMC) | Regula actividades en zonas marinas y costeras; establece **criterios ecológicos regionales** para evitar impactos en el Golfo y Caribe. |
| 5 | Sitios Ramsar | Identifican zonas de **importancia internacional** para humedales; establecen medidas para evitar impactos que afecten su integridad ecológica. |
| 6 | AICAS | Señalan áreas relevantes para aves; remiten a minimizar perturbaciones y proteger hábitats críticos. |
| 7 | Corredor Biológico Mesoamericano | Prioriza la **conectividad ecológica**; implica medidas para evitar fragmentación de hábitats. |

Posteriormente, se integran los **instrumentos jurídicos**, conformados por leyes y reglamentos federales y estatales. Estos establecen las competencias de las autoridades ambientales, los procedimientos administrativos (incluyendo la evaluación del impacto ambiental), así como las obligaciones en materia de protección de recursos naturales, vida silvestre, aguas nacionales, cambio climático, residuos y prevención de la contaminación. Este marco jurídico regula de manera transversal todas las etapas del proyecto, desde su autorización hasta su construcción y operación.

**Tabla 2. Instrumentos jurídicos aplicables al proyecto "CASA FLORES"**

| | Ordenamiento | Función |
|---|---|---|
| **8** | LGEEPA y reglamento | Define el proceso de evaluación de impacto ambiental, criterios de prevención, mitigación y control de contaminación. Sustenta la obligación de presentar la **MIA** del proyecto. |
| **9** | Ley General de Vida Silvestre | Regula la interacción con flora y fauna silvestre. Aplica al proyecto en cuanto a **rescate y reubicación de fauna**, **protección de especies listadas en NOM-059**, y prohibición de afectar vida silvestre fuera de los límites del predio autorizado. |
| **10** | Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos | Establece criterios para el manejo integral de los residuos generados en obra, incluyendo residuos sólidos urbanos y, en su caso, residuos de manejo especial por actividades de construcción. |
| **11** | Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable | Aplica porque el proyecto requiere **Cambio de Uso de Suelo en Terrenos Forestales (CUSF)**. Regula el ETJ, el rescate de flora y fauna, la conservación de suelo, y las medidas de mitigación asociadas a la remoción de vegetación forestal. |
| **12** | Ley de Aguas Nacionales | Regula el uso, descarga y aprovechamiento de aguas nacionales. Aplica para garantizar que **no haya descargas a cuerpos de agua** y que la vivienda se conecte a infraestructura municipal o sistema autorizado. |
| **13** | Reglamento Ley de Desarrollo Inmobiliarios del Estado de Yucatán | Regula la planeación y ejecución de obra privada, incluyendo obligaciones en materia de infraestructura, restricciones de construcción y manejo adecuado de residuos en obra. |
| **14** | Ley General de Asentamiento Humanos, Ordenamiento Territorial y Desarrollo Urbano | Establece criterios nacionales de ordenamiento del territorio, desarrollo urbano sostenible y compatibilidad del uso del suelo. Sustenta la viabilidad urbana del proyecto. |
| **15** | Ley de Asentamiento Humanos, Ordenamiento Territorial y Desarrollo Urbano del Estado de Yucatán | Regula los usos del suelo a nivel estatal, la densidad, la infraestructura, y criterios ambientales locales. Aplica para confirmar que el proyecto es compatible con las disposiciones estatales y municipales de desarrollo urbano. |

Finalmente, se aplican los **instrumentos normativos**, principalmente las Normas Oficiales Mexicanas, que definen parámetros técnicos obligatorios para asegurar el cumplimiento ambiental del proyecto. Estos instrumentos establecen límites máximos permisibles, métodos de medición, criterios de protección de especies, eficiencia energética y lineamientos para el manejo adecuado de residuos, emisiones y descargas.
La vinculación con estos tres niveles de instrumentos asegura que el análisis del proyecto se lleve a cabo de manera ordenada y coherente, iniciando por la compatibilidad territorial y avanzando hacia las obligaciones legales y técnicas que rigen su ejecución.

**Tabla 3. Instrumentos normativos aplicables al proyecto "CASA FLORES"**

| | Ordenamiento | Función |
|---|---|---|
| 16 | **NOM-001-SEMARNAT-2021** | Límites de **descargas en aguas y bienes nacionales**. |
| 17 | **NOM-022-SEMARNAT-2003** | Protección de **humedales costeros y manglares**. |
| 18 | **NOM-041-SEMARNAT-2015** | Límites de **emisiones de vehículos** a gasolina en obra. |
| 19 | **NOM-045-SEMARNAT-2017** | Emisiones de **vehículos diésel**. |
| 20 | **NOM-052-SEMARNAT-2005** | Identificación y manejo de **residuos peligrosos**. |
| 21 | **NOM-059-SEMARNAT-2010** | Protección de **especies en riesgo** (fauna y flora). |
| 22 | **NOM-162-SEMARNAT-2012** | Manejo de **residuos de manejo especial**. |
| 23 | **NOM-011-ENER-2006** | **Eficiencia energética** en motores eléctricos. |
| 24 | **NOM-021-ENER/SCFI-2017** | Eficiencia en **refrigeradores y sistemas de conservación**. |
| 25 | **NOM-023-ENER-2010** | Eficiencia en **luminarias para exteriores**. |
| 26 | **NOM-008-ENER-2001** | **Aislamiento térmico** y eficiencia energética en edificaciones. |

**A continuación, se presenta la vinculación a cada uno de los ordenamientos identificados o relevantes para el proyecto en particular:**

## III.2. Instrumentos administrativos: Programas de Ordenamiento Ecológico del territorio y otros instrumentos regulatorios aplicables

### III.2.1. Programa de Ordenamiento Ecológico Territorial Costero del Estado de Yucatán (POETCY)

El **Programa de Ordenamiento Ecológico Territorial Costero del Estado de Yucatán (POETCY)** es un instrumento de política ambiental que regula el uso territorial de la franja costera, definiendo Unidades de Gestión Ambiental (UGA) con criterios ecológicos vinculantes. Este programa tiene como finalidad garantizar un desarrollo sustentable en la zona costera, considerando la fragilidad ecológica de sus ecosistemas y los servicios ambientales que provee.

Originalmente, el POETCY fue emitido mediante el **Decreto 160/2014**, publicado en el Diario Oficial del Estado. Sin embargo, mediante el **Decreto 308/2015**, publicado el **14 de octubre de 2015**, se modificaron contenidos importantes del programa. Estas modificaciones respondieron a una revisión integral con enfoque técnico-científico, para ajustar los usos del suelo, capacidades de carga de las UGA y criterios de regulación ecológica, especialmente en zonas como la barra arenosa.

Con base en la cartografía actualizada del POETCY, el predio del proyecto se encuentra dentro de la **Unidad de Gestión Ambiental HUN07-BAR_C3**, correspondiente a una barra costera. Esta UGA tiene reglas específicas para construcción, incluyendo la exigencia de estudios de capacidad de carga o "estudio de contexto" para edificaciones, conforme a los criterios de regulación ecológica vigentes tras la reforma de 2015.

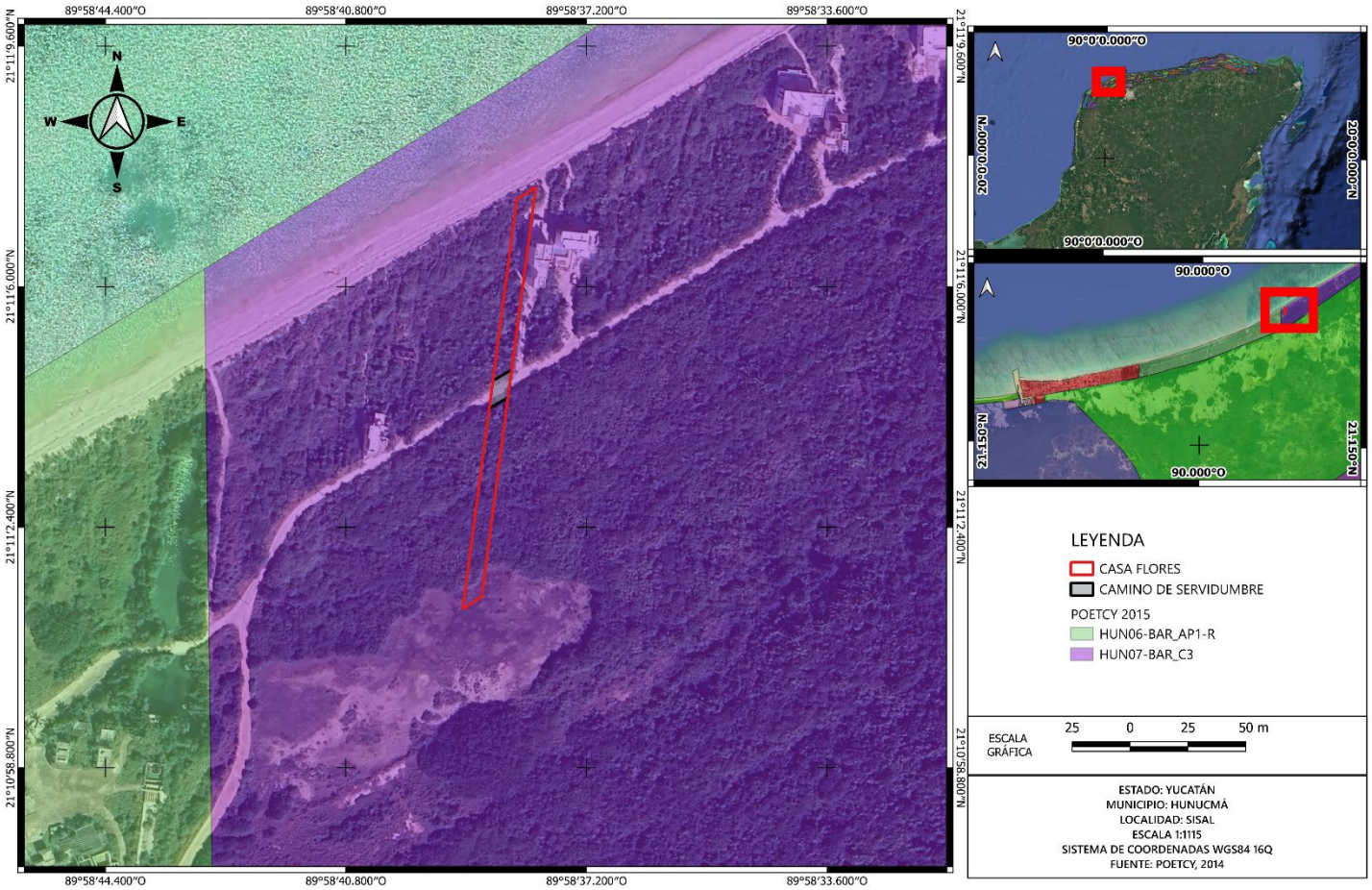



**Figura 1. Situación espacial del predio en función a las Unidades de Gestión del POPETCY**

La UGA HUN07-BAR_C3 posee una política ambiental aplicable de **conservación con aprovechamiento de muy baja intensidad** y establece las siguientes regulaciones para el uso de suelo:

**Tabla 4. Regulación de usos de suelo de la UGA HUN07-BAR_C3**

| Regulación | Uso de suelo |
|---|---|
| **Actividades y usos de suelo actuales** | 2.- Aprovechamiento doméstico de flora y fauna |
| **Usos compatibles** | 1.- Área para el cuidade y preservación de las condiciones naturales protegidas |
| | 2.- Aprovechamiento doméstico de flora y fauna |
| | 3.- Apicultura |
| | 4.- Unidades de manejo de vida silvestre y aprovechamiento cinegético |
| | 9.- Agricultura de plantaciones perennes (henequén, coco, frutales). |
| | 20.- Turismo de muy bajo impacto (pasa día, palapas, senderos, pesca deportiva -en mar o ría- observación de aves, fotografía, acampado). |
| | 21.- Turismo alternativo (hoteles, vivienda multifamiliar y servicios ambientalmente compatibles). |
| | **22.- Vivienda unifamiliar** |
| | 25.- Desarrollos inmobiliarios de acuerdo con la Ley de Desarrollos Inmobiliarios del Estado de Yucatán. |
| **Usos no compatibles** | 5.- Pesca de consumo doméstico o pesca deportiva. |
| | 6.- Acuacultura artesanal o extensiva. |
| | 7.- Acuacultura artesanal o extensiva. |
| | 8.- Agricultura industrial. |

| Regulación | Uso de suelo |
|---|---|
| | 10.- Agricultura semi-intensiva (horticultura, floricultura, pastos de ornato). |
| | 11.- Ganadería extensiva (bovinos, ovinos) en potreros. |
| | 12.- Ganadería estabulada tipo granja (bovinos, porcinos, aves). |
| | 13.- Extracción artesanal de sal o artemia. |
| | 14.- Extracción industrial de sal. |
| | 15.- Extracción de arena. |
| | 16.- Extracción artesanal de piedra o sascab sin uso de maquinaria o explosivos. |
| | 17.- Extracción industrial de piedra o sascab. |
| | 18.- Industrial no contaminante del manto freático y de bajo consumo de agua. |
| | 19.- Industria en general. |
| | 23.- Turismo tradicional de mediano impacto (hoteles, vivienda multifamiliar, restaurantes, venta de artesanías y servicios conexos). |
| | 24.- Campos de golf. |
| | 26.- Sitios de disposición final de residuos sólidos urbanos. |
| | 27.- Desarrollos portuario-marinos y servicios relacionados. |
| | 28.- Aprovechamiento forestal maderable y no maderable. |
| | 29.- Industria eoloeléctrica |

En este contexto, la unidad de Gestión del POETCY también incluye criterios de regulación ecológica que deben considerarse al ejecutar cualquier proyecto compatible, en este caso aplican los siguientes:

**Tabla 5. Criterios de regulación ecológica de la UGA HUN07-BAR_C3**

| No. | Criterio | Vinculación |
|---|---|---|
| **2** | Dada la aptitud de este territorio y su grado de vulnerabilidad se restringe el establecimiento de nuevas zonas para la extracción de sal, de cultivo de artemia o de acuacultura, así como la ampliación de las existentes. | El proyecto no propone actividades extractivas ni acuícolas; se declara incompatibilidad con usos de acuacultura y se obliga su prohibición en planos y cláusulas contractuales del predio. |
| **5** | Con base en el principio de precautoriedad, la extracción de agua para abastecer la infraestructura de vivienda, turística, comercial, industrial o de servicios se deberá limitar al criterio de extracción máxima de agua de hasta 2 l/s, con pozos ubicados a distancias definidas en las autorizaciones emitidas por la Comisión Nacional del Agua. Este criterio podría incrementarse hasta 10 l/s si se demuestra, con un estudio geohidrológico detallado del predio, que la capacidad del acuífero lo permite; en este caso la autorización deberá supeditarse a que se establezca un sistema de monitoreo con registro continuo del acuífero y a la inscripción y participación activa del usuario en el Consejo de Cuenca de la Comisión Nacional del Agua CNA, en los términos de lo establecido en la Ley de Aguas Nacionales. | Abastecimiento previsto por camión cisterna. El proyecto no considera extracción u aprovechamiento del acuífero. |
| **9** | La extracción de arena queda supeditada a la autorización de los permisos por parte de las autoridades municipales y de la Secretaría de Desarrollo Urbano y Medio Ambiente, con excepción de las zonas de acumulación en las escolleras orientales de los puertos de abrigo habilitadas como bancos de préstamo por la Secretaría de Comunicaciones y Transportes, y aquellos que se encuentren en zonas federales, en cuyo caso, deberán contar con autorización de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales o de la Secretaría de Comunicaciones | Proyecto no contempla extracción de arena; cualquier necesidad de material se cubrirá con proveeduría autorizada y comprobable y será abastecida por distribuidores autorizados (facturas y autorizaciones). |

| No. | Criterio | Vinculación |
|---|---|---|
| | y Transportes, y en aquellas que se encuentren en áreas naturales protegidas, deberán contar con la autorización de la dirección de la reserva. | |
| **11** | De acuerdo con lo establecido en los artículos de la Ley General de Vida Silvestre, cuando se requiera delimitar los terrenos particulares, fuera de zonas urbanas y los bienes nacionales que hayan sido concesionados, con previa autorización de la autoridad competente, esta delimitación se deberá realizar garantizando el libre paso de las especies y que no fragmenten el ecosistema. | El proyecto NO considera establecer cercos perimetrales de ningún tipo que limite el libre tránsito de fauna, de igual manera se establece estratégicamente la zona de conservación repartida en la zona norte y sur, para cubrir la comunidad de vegetación de manglar y la duna costera y se disponen de manera continúa interconectando los predios adyacentes en tres lados. |
| **12** | La construcción e instalación de infraestructura en zonas federales que afecten la dinámica del transporte litoral, tales como, espigones, espolones, escolleras, geotubos y bardas, que obstruyan o modifiquen los cauces principales del flujo y reflujo de marea, así como proyectos de restitución de playas, quedarán restringidas y sujetas a evaluación de impacto ambiental por parte de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales y a la presentación de un programa de monitoreo y mantenimiento de transporte litoral de sedimentos. | Proyecto no incluye espigones, escolleras ni obras de transporte litoral; El proyecto no considera ningún tipo de obra en zona federal. |
| **18** | No se permiten nuevas construcciones o expansiones de desarrollos habitacionales, turísticos o educativos en las zonas de acreción (terrenos ganados al mar) de los márgenes orientales de las escolleras de los puertos de abrigo o marinas, debido a los impactos generados al transporte litoral de sedimentos y a las necesidades de mantenimiento de este proceso. | El predio está ubicado fuera de zonas de acreción identificadas y no se planifican obras en terrenos ganados al mar. |
| **19** | Las autorizaciones de construcción de hoteles, condominios, villas, casas-habitación, desarrollos habitacionales y urbanos, piscinas, restaurantes, instalaciones de comercio y servicios en general, marinas, muelles y calles de los predios ubicados frente a la playa requerirán de una delimitación de la zona federal marítimo terrestre y los promoventes deberán identificar en un plano topográfico la primera duna, o en su caso, la presencia de matorral costero, el cual deberá ser protegido, por lo que no nivelarán ni destruirán la primera duna y respetarán la vegetación rastrera y de matorral existente tanto en la duna como en la playa. Se exceptúa de este criterio la instalación de estructuras que no requieran de cimentación y que sean desmontables y fácilmente removibles manteniendo la condición de protección total a la vegetación de duna presente. Estos criterios aplican también a los permisos para ampliación, remodelación, o reconstrucción de edificaciones preexistentes, los cuales también requerirán de una evaluación en materia de impacto ambiental. | El proyecto no incluye ningún tipo de actividad en la Zona Federal Marítimo Terrestre, esto incluye la primera duna y vegetación asociada que serán preservadas y consideradas Áreas de Conservación. |
| **20** | Para las autorizaciones de construcción de predios ubicados frente a la playa cuyas dimensiones no les permitan cumplir con la disposición señalada en el criterio anterior, podrán optar por sistemas de construcción elevados sobre pilotes, que mantengan la duna y la vegetación, previa evaluación en materia de impacto ambiental. | El proyecto cuenta con capacidad de carga que ampara que la dimensión del predio es suficiente para la distribución correcta de las zonas de uso y las zonas sin actividad. |
| **21** | En caso de que la primera duna esté alterada o poco definida, las construcciones deben incluir trampas de arena | Como se ha mencionado en numerales anteriores, el proyecto no contempla actividad alguna en Zona Federal Marítimo |

| No. | Criterio | Vinculación |
|---|---|---|
| | para reconstruirla; si la vegetación está alterada, es escasa o inexistente, la obra debe incluir la reforestación con vegetación rastrera y de matorral desde la duna hasta la playa. | terrestre, además, una de las zonas de conservación se encuentra en la zona norte del predio, por lo que cubre la primera duna y una importante zona adyacente. |
| **23** | El diseño por viento de las construcciones en la barra arenosa deberá considerar velocidades de 250 km/h. | El proyecto no contempla construcción alguna en la barra arenosa de la primera duna o la zofemat. |
| **25** | Los desarrollos urbanos y turísticos sometidos a autorización de la autoridad competente deberán contar con un programa integral de manejo de residuos sólidos. | En el presente proyecto se adjunta un Programa de Manejo de Residuos Sólidos Urbanos contemplado para todas sus etapas. |
| **30** | Los accesos peatonales a la playa, ya sean públicos o privados; deberán consistir en andadores elevados sobre pilotes para no destruir la vegetación fijadora de la arena, o accesos serpenteados no mayores a un 1.5 m de ancho. | Los accesos peatonales a la playa cumplen con lo estipulado en este numeral. |
| **31** | Las áreas actuales ocupadas por desarrollos turísticos, vivienda y las de futura expansión deberán contemplar el acceso público a zona federal marítimo terrestre, de acuerdo con lo estipulado en el Reglamento para el Uso y Aprovechamiento del Mar Territorial, Vías Navegables, Playas, Zona Federal Marítimo Terrestre y Terrenos Ganados al Mar, recomendándose distancias máximas de 200 m. | El proyecto no bloquea, prohíbe o limita el acceso público a la Zona Federal Marítimo Terrestre. Además, el proyecto no contempla ningún tipo de cerco que lo delimite, por lo que el acceso se mantiene de manera permanente. |
| **32** | La Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales dispondrá las áreas, horarios y condiciones en que no podrán utilizarse vehículos motorizados, así como la realización de otras actividades que pongan en peligro la integridad física de los usuarios de las playas, áreas de anidación de tortugas marinas y la porción correspondiente a la primera duna costera, salvo en casos de inspección, vigilancia y emergencias. | Ninguna de las etapas del proyecto y ninguno de sus ocupantes contempla el uso de vehículos motorizados en la primera duna y ninguna actividad potencialmente peligrosa para los usuarios o que pongan en riesgo la integridad de los ejemplares de tortugas marinas en cualquier etapa del proceso de anidamiento. |
| **33** | Con el objeto de no perturbar a las tortugas marinas, durante el periodo de anidación y eclosión se debe restringir la iluminación directa al mar y a la playa durante dicho período. | La iluminación exterior será dirigida exclusivamente hacia terrenos interiores, nunca hacia la zona de playa (ni siquiera fuera de temporada de anidación) las luminarias contemplarán sistemas inteligentes de apagado precautorio nocturno, y de ser posible, se considerarán sistema de atenuación |
| **37** | Las excavaciones y obras hidráulicas para conectar los cuerpos lagunares con el mar requerirán de evaluación en materia de impacto ambiental por parte de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, en los términos de lo establecido en el Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en materia de Evaluación de Impacto Ambiental, excepto cuando tengan como finalidad el drenaje de cuerpos lagunares o charcas salineras derivados de fenómenos hidrometeorológicos severos. | El proyecto no contempla ninguna de las actividades descritas en este numeral, se limita únicamente a una vivienda unifamiliar. |
| **38** | Las vialidades de acceso público a las playas deberán mantener su permeabilidad por lo que cualquier propuesta de recubrimiento o pavimentación deberá cumplir con este requisito. | No se contempla modificación alguna a ninguno de los accesos a la playa, por lo que permanecerán en su estado natural durante todas las etapas del proyecto. |
| **39** | La construcción de nuevos caminos, así como el ensanche, cambio de trazo y pavimentación de los caminos existentes requerirán de una evaluación en materia de impacto ambiental en los términos de lo establecido en las leyes federales y estatales correspondientes excepto en el caso que conlleve acciones de restauración de flujos hidráulicos | No se contempla la modificación de ningún camino existente y mucho menos la creación de nuevos, El proyecto contempla únicamente una vivienda unifamiliar ubicada en una zona que cuenta con infraestructura urbana primaria que incluye el camino de acceso desde la localidad de Sisal |

| No. | Criterio | Vinculación |
|---|---|---|
| | en el caso de zonas inundables extendidas en sabanas, lagunas y manglares. A reserva de que los estudios hidráulicos en el trazo vial determinen especificaciones precisas, en carreteras existentes o futuras, se deberá procurar que exista al menos un 30% del área libre de flujo y deben realizarse sobre pilotes y/ó puentes en los cauces principales de agua. | |
| **41** | Se considera que el aprovechamiento de especies silvestres será compatible con la protección de este ecosistema siempre y cuando sea en unidades de manejo para la conservación de la vida silvestre, cuyo programa de manejo sea autorizado por la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. | El proyecto no contempla aprovechamiento de especies |
| **57** | Los proyectos de construcción de viviendas, desarrollos turísticos de hospedaje y servicios, los desarrollos urbanos y, en general, cualquier edificación sometida a la evaluación de la autoridad competente deben incluir la implementación de sistemas ahorradores de agua y sistemas integrales de tratamiento y disposición de aguas residuales previendo la separación de aguas grises de las negras. | El diseño del proyecto contempla un sistema de tratamiento integral consistente en dos etapas de tratamiento: el biodigestor y el humedal de flujo horizontal que permite la reutilización de las aguas grises resultantes para riego. De igual forma, el proyecto se abastecerá de agua por medio del contrato de servicio de pipas de llenado por lo que, en la medida de la disponibilidad, ase considerarán sistemas que incluyan tecnologías de ahorro y uso responsable (ejemplos: grifos e inodoros) |
| **59** | No se permite que se realicen en playas y lagunas el mantenimiento de embarcaciones, motores, y depósitos de aceites y combustibles, lo anterior deberá hacerse adecuadamente en los refugios y puertos de abrigo de acuerdo con lo establecido en las leyes aplicables en la materia. En el caso de motobombas para la actividad salinera, los arreglos mayores se realizarán en talleres establecidos para tal efecto. | El proyecto no considera ninguna actividad, proceso o estructura mencionada en este numeral. El proyecto se limita únicamente en una vivienda unifamiliar. |
| **61** | Dada la vulnerabilidad del territorio, se restringe la disposición final de residuos sólidos urbanos, de manejo especial, tóxicos, peligrosos y biológico-infecciosos. | El proyecto no contempla la generación de residuos tóxicos, peligrosos o biológico infeccioso en ninguna de las etapas ya que las actividades propias de los procesos de construcción, mantenimiento y funcionamiento de una vivienda unifamiliar son incompatibles en la generación de este tipo de residuos. En el caso de los residuos sólidos urbanos y, en caso de generarse en la etapa constructiva, de residuos de manejo especial, se procederá a la contratación de un gestor autorizado y del servicio de recolección municipal |
| **63** | Los residuos de la actividad pesquera como eviscerados, incluyendo los residuos de los insumos utilizados en dicha actividad, están regulados por la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos, por lo que su disposición en las playas está restringida. | El proyecto no contempla dentro de ninguna de sus etapas y actividades la realización de actividad pesquera en ninguna de sus modalidades (la recreativa, y la de subsistencia) que considere las zonas de playa adyacente al predio (ni ninguna otra) como punto de partida o retorno, por lo que no se generarán residuos derivados. En caso de considerarse como actividad recreativa, esta se hará por medio de prestadores de servicios autorizados en sitios autorizados (generalmente partiendo y retornando en Puertos de Abrigo) |
| **64** | No se permite el vertimiento de salmueras a los humedales, lagunas, manglares y blanquizales. | El proyecto no generará salmueras; las aguas residuales tratadas no serán vertidas a humedales ni lagunas; descarga a sistema en apego a la normatividad correspondiente. |

### III.2.2. Programa Estatal de Ordenamiento Territorial y Desarrollo Urbano de Yucatán (PEOTDUY)

El **Programa Estatal de Ordenamiento Territorial y Desarrollo Urbano de Yucatán (PEOTDUY)**, publicado mediante **Decreto 783/2024** en el Diario Oficial del Gobierno del Estado (2 de julio de 2024), constituye el instrumento rector para regular el uso del suelo, la densidad de ocupación y la prevención de riesgos en el territorio estatal. El PEOTDUY organiza el estado mediante **Unidades de Gestión Territorial (UGT)** primarias y secundarias con criterios ambientales, urbanos y de riesgo.

En este contexto, el Proyecto **Casa Flores**, destinado a la construcción de una vivienda unifamiliar de baja densidad, debe evaluarse en función de su correspondencia con los criterios, políticas y estrategias establecidas en el PEOTDUY. Dado que este instrumento incorpora una visión integrada de ordenamiento ecológico y urbano, su análisis permite verificar que el proyecto se encuentra alineado con las disposiciones de aprovechamiento racional del suelo, protección de ecosistemas sensibles, gestión responsable del agua, prevención de riesgos, y fomento de asentamientos humanos compatibles con su entorno inmediato.

La vinculación con el PEOTDUY se basa en identificar el tipo de unidad territorial donde se localiza el predio, así como las directrices aplicables a zonas costeras y a asentamientos de baja densidad. A partir de ello se determina la compatibilidad del proyecto con el modelo territorial propuesto, los criterios de conservación y restauración ambiental, las políticas de infraestructura y servicios, así como las medidas de gestión integral del riesgo y de adaptación al cambio climático.

Dada la complejidad del presente ordenamiento y para mayor objetividad, el análisis vinculante se hará por medio de bloques concluyentes pero que son el precedente o consecuencia del bloque siguiente hasta llegar a la conclusión final.

#### III.2.2.1. Ubicación del proyecto en función de las unidades de gestión territorial

El proyecto se localiza en el puerto de **Sisal**, dentro de la **Unidad de Gestión Territorial primaria**[1] **UGT-COS-03 dentro del grupo 3 denominado "Sector Costero"**[2].

[1] **Unidades de Gestión Primaria:** Delimitación geográfica que diferencia el área urbanizada de los centros de población o núcleos de población estratégicos para la política urbana-regional en Yucatán conforme a la "Estrategia 1. Consolidación Urbana-Regional de Asentamientos Humanos", y divide al territorio estatal en macrozonas con características comunes, estableciendo una orientación normativa o estratégica para la determinación de la aptitud territorial para el aprovechamiento urbano, el aprovechamiento productivo y la conservación, a partir de la cual se establecen pautas para el manejo y el aprovechamiento diferenciado del territorio yucateco.

[2] **Grupo 3. Sector costero:** Área integrada por la superficie terrestre de la zona costera de Yucatán cuyo límite norte está delimitado por la tierra firme, transitable y contigua a la playa que integra la Zona Federal Marítimo Terrestre (ZOFEMAT) y el límite sur, es el Sistema de Ciénegas y Manglares que está regulado por disposiciones aplicables a Áreas Naturales Protegidas; en el territorio resultante se permiten acciones de aprovechamiento sujetas a criterios de regulación ecológica y de aprovechamiento costero según cada subsector específico.

**Tabla 6. Aptitud estratégica para el aprovechamiento territorial de la UGT-COS-03**

| UGT | Aprovechamiento territorial | | | Prioridad de aprovechamiento territorial |
|---|---|---|---|---|
| | Aptitud estratégica para asentamientos humanos. | Aptitud estratégica para actividades productivas. | Aptitud actual por actividades productivas existentes. | |
| UGT-COS-03 | **CONDICIONADO**<br>Condicionantes:<br>Tipologías compatibles en ordenamientos ecológicos o PDU específico armonizados con regulaciones ambientales y costeras | **CONDICIONADO**<br>Condicionantes:<br>Actividades urbanas de soporte productivo a los asentamientos humanos Tipologías compatibles en ordenamientos ecológicos o PDU específico armonizados con regulaciones ambientales y costeras | No aplica | 2[3] |
| | Promover le menor impacto ambiental y el incremento de la resiliencia ante riesgos de desastres por peligros naturales y antrópicos, conforme a las regulaciones ambientales, costeras y de prevención de riesgos aplicables | | | |

**Tabla 7. Disposiciones generales de la UGT-COS-03**

| | | | |
|---|---|---|---|
| **ANP** | No aplica | | |
| **Regulaciones costeras** | **ZOFEMAT y/o regulaciones portuarias** | | Si |
| | **Sistema de Ciénegas y Manglares** | | Colindante |
| | **Área de aplicación del POETCY** | | Si |
| **Acciones urbanísticas asociadas a uso de suelo y actividades productivas** | Serán factibles las acciones urbanísticas asociadas al USO URBANO conforme a la Norma de Ordenamiento Territorial PEDUY-004 y las disposiciones establecidas en ordenamientos ecológicos, PDU específico o normatividad aplicable armonizada con las regulaciones ambientales y costeras. Asimismo, se permitirán aquellas asociadas a actividades productivas compatibles con el USO URBANO, que sean autorizadas conforme a los instrumentos previamente referidos. | | |
| **Coeficiente de Ocupación del Suelo recomendado** | 70% (supletorio, condicionado conforme a lo establecido programas de ordenamiento ecológico, PDU específico o normatividad armonizada con las regulaciones ambientales y costeras. | | |
| **Zona de riesgo natural.** | Si | **Nivel de Restricción (porcentaje de superficie territorial)** | Nivel 1: 87.52%; 2: 0%; 3: 7.97%; 4: 3.91%; 5: 0.60% |
| | **Tipología de riesgos** | | Fracturas, ciclones, inundaciones y sequías |
| **Zona de Riesgo Antrópico.** | Si | **Nivel de Restricción (porcentaje de superficie territorial)** | Nivel 1: 0%; 2: 24.64%; 3: 0%; 4: 0%; 5: 0% |
| | **Tipología de riesgos** | | Actividad agroindustrial, actividad minera y degradación del suelo. |
| **Zona de Importancia Hidrológica.** | Si | **Nivel de Restricción (porcentaje de superficie territorial)** | Nivel 1: 0%; 2: 4.36%; 3: 0%; 4: 95.63%; 5: 0% |
| | **Características relevantes** | | Cenotes y vulnerabilidad del agua subterránea |

Por lo tanto, para el **aprovechamiento territorial** específica a la **aptitud estratégica para asentamientos humanos** para la citada Unidad de Gestión Territorial resulta ser **condicionado a**: **Tipologías compatibles en ordenamientos ecológicos o PDU específico armonizados con regulaciones ambientales y costeros.**

[3] **Prioridad 2:** Correspondientes a los perímetros de contención de las actividades urbanas y económicas, prioritariamente contiguas a las actuales áreas urbanizadas (aprovechamiento prioritario).

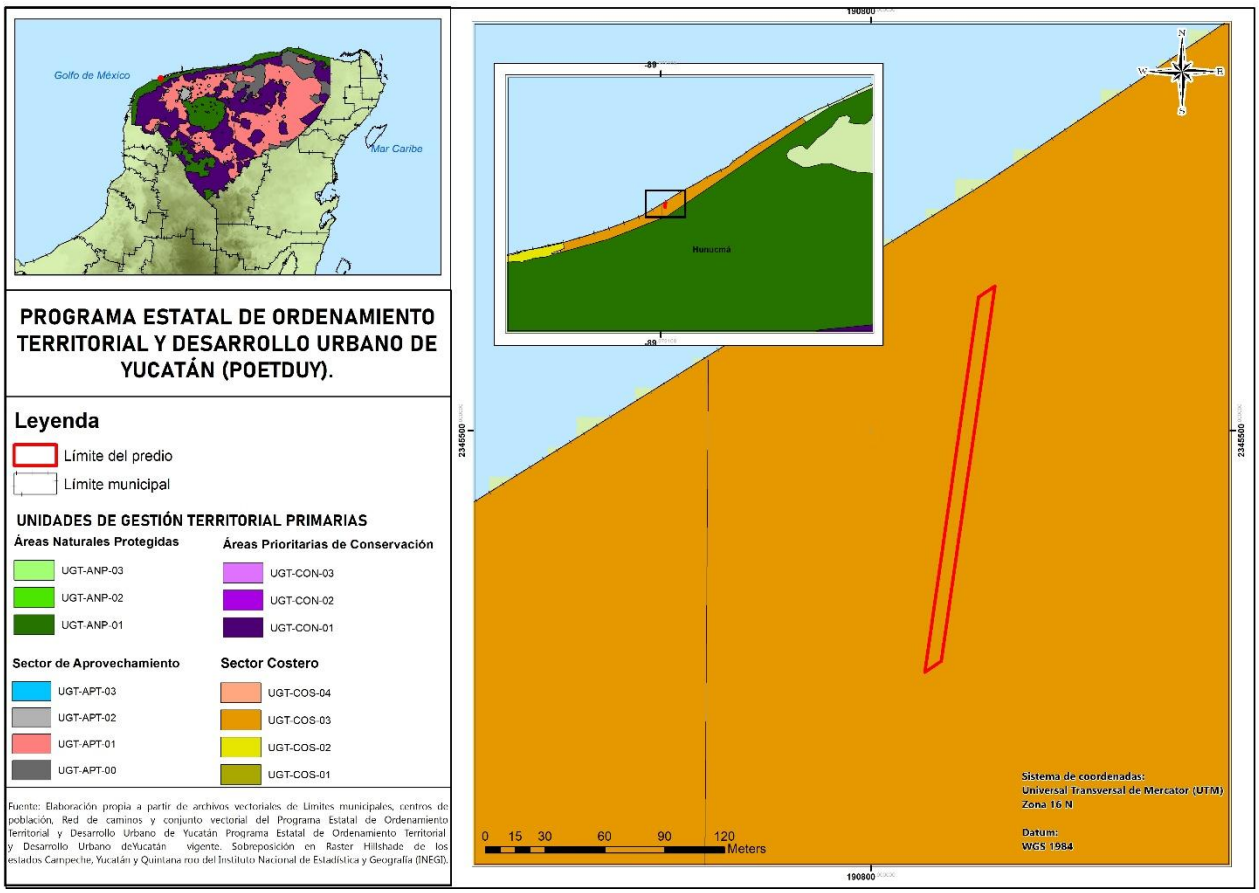



**Figura 2. Situación del predio en función a las Unidades de gestión Primaria**

Debido a que el uso es condicionado, respecto a las aptitudes estratégicas para el aprovechamiento territorial, es necesario consultar los lineamientos pertinentes derivados de la **Orientación Estratégica o normativa relacionada con el aprovechamiento territorial** para la UGA.

Resultado de esto, dadas las condicionantes previamente mencionadas, la zona donde se encuentra el proyecto se clasifica como: **Áreas no urbanizadas en franja costera que permiten o condicionan aprovechamiento territorial**, el cuadro siguiente detalla la orientación y normativa relacionada al aprovechamiento territorial emanadas del nivel estratégico del PEOTDUY.

**Tabla 8. Orientación Estratégica o normativa relacionada con el aprovechamiento territorial para la UGT-COS-03**

| Clave UGT | Descripción | Orientación estratégica o normativa relacionada con el aprovechamiento territorial. |
|---|---|---|
| **UGT-COS- 03** | Áreas no urbanizadas en franja costera que permiten o condicionan aprovechamiento territorial. | - Aprovechamiento urbano y productivo condicionado a los usos o actividades compatibles o permitidas que se establezcan en los ordenamientos ecológicos y programas de desarrollo urbano en congruencia con la aptitud territorial.<br>- En caso de aprovechamiento territorial, se deberá garantizar el desarrollo ordenado y sustentable de las actividades urbanas o productivas, garantizando su adecuada integración física y funcional al área urbana existente, el menor impacto ambiental al ecosistema costero, y pautas racionales de densidad, intensidad de ocupación y diversidad de uso de suelo racional, evitando la expansión urbana hacia superficies fuera de la zona donde dichas actividades se establezcan como no compatibles;<br>- Acciones prioritarias:<br>1) formular o fortalecer disposiciones en materia de asentamientos humanos en el POETCY, ordenamientos ecológicos locales o programas de desarrollo urbano, en congruencia con las regulaciones costeras,<br>**2) crear reglamentos o disposiciones específicas para la promover un aprovechamiento sustentable en sectores costeros donde sea factible el aprovechamiento territorial,**<br>3) fomentar marcos de actuación coordinados entre las autoridades competentes para la armonización de los instrumentos de planeación territorial que regulan el sector costero, y/o para definir ámbitos de actuación en materia de planeación y regulación de los asentamientos humanos,<br>4) gestionar acciones urbanísticas para el aprovechamiento sustentable, la ocupación ordenada y el crecimiento urbano sostenible, y<br>5) fortalecer los mecanismos de gestión y regulación urbana. |

En esta fase se concluye lo siguiente:

*El proyecto **Casa Flores** se localiza en el puerto de **Sisal**, dentro de la **UGT primaria UGT-COS-03 "Sector Costero"**, clasificada por el PEOTDUY como **Zona condicionada para la aptitud estratégica para asentamientos humanos y prioridad de aprovechamiento tipo 2*** y que se describen como **Áreas no urbanizadas en franja costera que permiten o condicionan en función *de la orientación y normativa relacionada al aprovechamiento territorial.***

### III.2.2.2. Análisis vinculante con el nivel normativo del POETDUY

#### III.2.2.2.1. PEDUY-001: Vinculación con otros ordenamientos

**Tabla 9. – Análisis vinculante con la Norma de Ordenamiento Territorial PEDUY-001**

| PEDUY-001: Vinculación con otros ordenamientos | VINCULACIÓN |
|---|---|
| ***I.*** *El PEDUY es un instrumento de planeación territorial de observancia y cumplimiento mandatorio para todas las autoridades y personas que habitan el territorio estatal o promueven políticas, programas, proyectos y acciones urbanísticas en él.* | El Proyecto Casa Flores es una acción urbanística ubicada dentro del territorio del estado, por lo que se sujeta de manera obligatoria al PEDUY. Adicionalmente, al encontrarse el predio dentro del ámbito de aplicación del **POETCY (Decreto 160/2014)**, la evaluación del proyecto se realiza considerando tanto el marco estatal del PEDUY como el ordenamiento ecológico costero vigente. Dado que el POETCY clasifica el predio con compatibilidad para **Vivienda Unifamiliar**, el proyecto cumple simultáneamente con los criterios ecológicos y territoriales obligatorios. |
| ***II.*** *En la elaboración o actualización de los instrumentos del Sistema General de Planeación Territorial establecido por la LGAHOTDU y la LAHEY, de un nivel de planeación inferior,* | El proyecto se evalúa bajo el principio de congruencia jerárquica. En Sisal opera también el **POETCY**, cuyo carácter es vinculante para toda la zona costera. La compatibilidad del proyecto dentro del POETCY asegura que las acciones propuestas no son contradictorias con los lineamientos del PEDUY, |

| PEDUY-001: Vinculación con otros ordenamientos | VINCULACIÓN |
|---|---|
| *se deberá garantizar la adecuada congruencia, ajuste y coordinación con el PEDUY.* | ya que este último reconoce explícitamente la necesidad de coordinarse con los ordenamientos ecológicos vigentes. Así, se garantiza coherencia entre la regulación ecológica (POETCY) y la territorial (PEDUY). |
| ***III.*** *Las autoridades de los tres órdenes de gobierno deberán observar el PEDUY vigente en las opiniones técnicas, factibilidades, dictámenes, licencias, autorizaciones y otros documentos oficiales relacionados con los estudios territoriales preliminares e instrumentos de control del suelo establecidos en la legislación en la materia.* | Las autorizaciones que requiere el proyecto deberán fundamentarse en el PEDUY y, en paralelo, observar la compatibilidad establecida por el POETCY. La coincidencia entre ambos instrumentos —pues ambos permiten la tipología de **Vivienda Unifamiliar** en la zona— facilita la emisión de dictámenes favorables, dado que no existe contradicción entre la política territorial estatal y la zonificación ecológica costera. |
| ***IV.*** *En el caso de que un municipio no cuente con instrumentos del Sistema General de Planeación Territorial, toda autorización de uso de suelo y de las acciones urbanísticas deberá ser congruente con el PEDUY, siendo éste y otros instrumentos estatales vinculados con el ordenamiento y la planeación territorial, un marco de referencia mandatorio para las autoridades municipales, tal y como se señala en la LGAHOTDU y la LAHEY.* | Independientemente de la actualización o vigencia de los instrumentos municipales, la compatibilidad territorial del predio se determina considerando el PEDUY y el POETCY. Este último funge como referencia ambiental obligatoria en la franja costera. Al ser compatible el uso de Vivienda Unifamiliar dentro de la UGA correspondiente, el proyecto queda plenamente alineado con el PEDUY y con el ordenamiento ecológico aplicable. |
| ***V.*** *En el caso de que un instrumento del Sistema General de Planeación Territorial se encuentre vigente previo a la actualización o publicación de un instrumento de un nivel de planeación superior, éste seguirá siendo válido y deberá ser revisado y ajustado para garantizar su conformidad con el PEDUY para así lograr una planificación urbana coherente y coordinada entre los diferentes niveles de gobierno y garantizar un desarrollo sostenible y equilibrado en el estado.* | El POETCY, aunque anterior a la versión más reciente del PEDUY, continúa vigente y es obligatorio. Sin embargo, no presenta contradicción con las directrices territoriales del PEDUY en la zona de Sisal: ambos permiten usos residenciales compatibles con el entorno. Esto asegura que el proyecto no depende de criterios desactualizados o incompatibles y se mantiene congruente con la estructura territorial estatal. |
| ***VI.*** *En la medida de la suficiencia presupuestaria, capacidad técnica y temporalidad de la administración pública, posterior a la entrada en vigor del PEDUY, las autoridades competentes promoverán la actualización o elaboración de un instrumento del mismo nivel que aquel vigente a la fecha de entrada en vigor del instrumento estatal.* | El marco normativo municipal se encuentra en proceso permanente de armonización con el PEDUY; sin embargo, la presencia del POETCY garantiza que la zona ya cuenta con un instrumento ecológico vigente y vinculante. Por ello, la evaluación del proyecto se sustenta en criterios actualizados y consistentes, tanto territoriales como ecológicos. |
| ***VII.*** *Los lineamientos aplicables a un área del territorio de naturaleza público o privado, localizada en dos o más UGT, se sujetarán a los instrumentos del que sean materia de estudio, siendo el PEDUY el instrumento dispuesto por la LAHEY a nivel estatal el encargado de planificar, ordenar y regular los asentamientos humanos, a reserva de lo dispuesto por los ordenamientos ecológicos en áreas de conservación y áreas naturales protegidas.* | Este enunciado aplica de manera directa al proyecto:<br>• El predio se rige por el PEDUY como instrumento estatal.<br>• Pero, **al estar dentro de la zona costera regulada por el POETCY**, este ordenamiento ecológico prevalece en materia ambiental según el propio PEDUY.<br>Dado que el POETCY permite el uso **Vivienda Unifamiliar**, el proyecto se considera compatible y se encuentra dentro de los lineamientos ecológicos y territoriales permitidos. |
| ***VIII.*** *Aquellos instrumentos de planeación territorial que se elaboren con posterioridad al PEDUY, deberán sujetarse y ser congruentes con el mismo para su aprobación y posterior inscripción al registro público del estado.* | Cualquier instrumento municipal o sectorial posterior deberá alinearse al PEDUY y mantener compatibilidad con el POETCY. Puesto que el proyecto es congruente con ambos instrumentos —PEDUY y POETCY— se garantiza que su ejecución no entrará en conflicto con futuras regulaciones derivadas del proceso de armonización territorial del estado. |

### III.2.2.2.2. PEDUY-002: Clasificación de usos y actividades

| PEDUY-002: Clasificación de usos y actividades | VINCULACIÓN |
|---|---|
| ***I.*** *Los usos y actividades se refieren a los fines públicos o privados a los que se destinan uno o más predios o superficies pertenecientes a un ecosistema o territorio, que previa autorización, se desarrolla a través de la utilización del territorio para su aprovechamiento, en cumplimiento con los términos previstos por la legislación aplicable.* | El Proyecto Casa Flores corresponde a un **uso habitacional unifamiliar de carácter privado**, cuya realización depende del cumplimiento de la legislación territorial y ambiental aplicable. Este uso es compatible tanto con la clasificación del **PEDUY** como con la zonificación ecológica del **POETCY (Decreto 160/2014)**, el cual permite explícitamente el uso **Vivienda Unifamiliar** dentro de la UGA donde se ubica el predio. Por lo tanto, el destino propuesto del predio se ajusta a los fines permitidos para el territorio costero, atendiendo los criterios estatales y ecológicos vigentes. |
| ***II.*** *Toda uso o actividad deberá ser autorizado por la autoridad competente, por lo que incurre en una falta legal y administrativa sujeta a las sanciones correspondientes, llevar a cabo acciones de aprovechamiento territorial sin la autorización que señala la normativa aplicable.* | El proyecto se desarrollará únicamente mediante autorizaciones y trámites establecidos por la normativa, incluyendo la evaluación ambiental y las determinaciones de uso de suelo estatal y municipal. Al ser congruente con el PEDUY y el POETCY, el proyecto no implica ningún cambio de uso prohibido ni requiere excepciones normativas. La compatibilidad dual evita conflictos administrativos y garantiza que las acciones del proyecto sean legalmente autorizables. |
| ***III.*** *La clasificación de usos y actividades tendientes al aprovechamiento territorial en Yucatán es la siguiente:*<br><br>***j) Urbano (asentamientos humanos)***<br>***vi. Habitacional***<br>*• Desarrollo inmobiliario tipo habitacional (horizontal)*<br>*• Desarrollo inmobiliario tipo mixto con habitacional (horizontal)*<br>*• Desarrollo inmobiliario tipo habitacional (vertical)*<br>*• Desarrollo inmobiliario tipo mixto con habitacional (vertical)*<br>***• Vivienda.*** | El proyecto se clasifica directamente dentro de la categoría **Urbano – Habitacional – Vivienda** establecida por el PEDUY. Esta tipología coincide con el uso permitido por el POETCY para el área costera de Sisal (Vivienda Unifamiliar). La correspondencia exacta entre la clasificación territorial del PEDUY y la clasificación ecológica del POETCY confirma que el proyecto se encuentra dentro de los usos autorizados y no genera incompatibilidad normativa.<br>Construcción de vivienda veraniega, contempla obras asociada como alberca, andadores, asoleaderos, área ajardinada, cisterna, biodigestor y área de conservación. |
| ***IV.*** *Los usos y actividades señalados serán la base para la determinación de los esquemas de compatibilidad contenidos en los Instrumentos del Sistema General de Planeación Territorial, y los mecanismos relacionados con los sistemas internos que se vinculen a la gestión de las autorizaciones en la materia.* | La clasificación habitacional del proyecto sirve como base para determinar su compatibilidad con los instrumentos territoriales y ecológicos. En este caso, el **PEDUY** y el **POETCY** coinciden en permitir el uso habitacional en la zona específica. En consecuencia, el proyecto cumple los criterios de compatibilidad territorial del PEDUY y los criterios ecológicos del POETCY, garantizando que las autoridades municipales y estatales puedan emitir dictámenes acordes con ambas normativas. |
| ***V.*** *En el caso de los usos y actividades vinculados a la conservación, protección y preservación ecológica, ambiental y patrimonial, éstos serán definidos por los instrumentos de política ambiental que correspondan y demás normatividad en la materia.* | En la franja costera, el instrumento de política ambiental aplicable es el **POETCY**, que regula y clasifica los usos permitidos para las UGAs. Aunque **el proyecto no pertenece a la categoría de conservación**, sí debe cumplir la regulación ecológica del POETCY, que determina compatibilidad para **Vivienda Unifamiliar** sin afectar áreas de preservación ambiental. Esto confirma que el proyecto respeta los límites ecológicos y no se ubica dentro de zonas clasificadas exclusivamente para conservación o protección estricta. |

## III.2.2.2.3. PEDUY-003: Determinación de la compatibilidad estratégica

***II.-*** *La compatibilidad estratégica en un territorio será determinada por los siguientes criterios:*

*a) Aptitud estratégica para asentamientos humanos: se señala la posibilidad de localizar vivienda unifamiliar, multifamiliar o desarrollos inmobiliarios de tipo habitacional o mixto considerando este uso, siempre y cuando, se cumplan con las demás disposiciones establecidas en este Programa y otros instrumentos legales, normativos y de planeación territorial, incluyendo la congruencia de la actividad con los ordenamientos ecológicos y demás instrumentos de política ambiental; asimismo, se incluyen los usos y actividades asociados a la dotación de equipamiento, infraestructura y servicios urbanos que requieren los asentamientos humanos para su funcionamiento.*

*b) Aptitud estratégica para actividades productivas: se señala la posibilidad de localizar unidades productivas en zonas de desarrollo prioritario por su relevancia en el desarrollo regional, siempre y cuando, se cumplan con las demás disposiciones establecidas en este Programa y otros instrumentos legales, normativos y de planeación territorial, incluyendo la congruencia de la actividad con los ordenamientos ecológicos y demás instrumentos de política ambiental.*

*c) Aptitud actual por actividades productivas existentes: se señalan las principales actividades productivas preexistentes conforme a las unidades territoriales delimitadas; será prioritaria su evaluación con el fin de determinar la aplicabilidad de los siguientes ámbitos de actuación en materia de gestión territorial:*

*i. Promover la reubicación o reconversión productiva de actividades preexistentes no compatibles con los instrumentos de política ambiental, o aquellas con conflictos de compatibilidad con otros usos de suelo, principalmente aquellos asociados a los asentamientos humanos y el uso urbano.*

*ii. Impulsar la aptitud actual permitiendo la expansión y consolidación de las unidades productivas preexistentes que son congruentes con los instrumentos de política ambiental; siendo factible el desarrollo de actividades de igual naturaleza y compatibles con dichas actividades, siempre y cuando, se cumplan con las demás disposiciones establecidas en este Programa y otros instrumentos legales, normativos y de planeación territorial, incluyendo la congruencia de la actividad con los ordenamientos ecológicos y otros instrumentos de política ambiental.*

*d) Compatibilidad de acciones urbanísticas: se señalan las acciones urbanísticas factibles para cada tipo general de uso o actividad compatible con el territorio, las cuales deberán ser autorizadas por la autoridad competente, a través de las licencias, permisos o documento similar.*

*e) Prioridad de aprovechamiento territorial: establece la mayor o menor factibilidad de la localización de usos, actividades o acciones urbanísticas en función de su proximidad a los principales asentamientos humanos y ejes viales que fungen como corredores productivos, con el fin de contrarrestar la dispersión urbana y productiva.*

*f) Condicionantes: criterios, normas, pautas o lineamientos establecidos en el Programa y otros instrumentos legales, normativos y de planeación territorial, que prohíben o condicionan la localización de usos, actividades o acciones urbanísticas; por tanto, para su desarrollo se deberán cumplir con todos los requerimientos previos que indiquen dichos instrumentos y la autoridad competente. Asimismo, no se podrá desarrollar uso, actividad o acción urbanística si en los instrumentos referidos existe prohibición explicita de localización y/o aprovechamiento territorio, independientemente de la compatibilidad o aptitud general establecida en los diferentes ordenamientos. Las condicionantes se dividen en tres tipos:*

*i. Condicionantes de localización del uso de suelo, actividad productiva o proyecto que implique cambio de uso o cobertura del suelo* ***(Condicionantes Tipo 1):*** *refiere a las disposiciones normativas que regulan el distanciamiento o colindancia de un predio o inmueble donde se pretenda un uso de suelo, actividad productiva o proyecto específico, respecto a otro uso, actividad, establecimiento o elemento natural, artificial o de cualquier naturaleza, que condicione o prohíba su localización, incluidas las prioridades de aprovechamiento territorial establecidas en este ordenamiento; estas condicionantes serán aplicables para determinar la emisión de una autorización de uso de suelo o actividad productiva a desarrollar.*

*ii. Condicionantes para el desarrollo de acciones urbanísticas* ***(Condicionantes Tipo 2):*** *refiere a las disposiciones normativas que condicionan el desarrollo de acciones urbanísticas a la previa autorización de un uso de suelo, actividad productiva o proyecto específico que implique cambio de uso o cobertura del suelo, siendo que la acción urbanística deberá ser necesaria para el desarrollo del uso, actividad o proyecto, y esta a su vez deberá ser compatible con la naturaleza del*

*uso, actividad o proyecto en cuestión; estas condicionantes serán aplicables para determinar la emisión de una autorización de acción urbanística a desarrollar en el territorio (excepto las referidas en el punto anterior).*

*iii. Condicionantes de desarrollo de actividad productiva o proyecto con uso urbano* ***(Condicionantes Tipo 3):*** *refiere a las disposiciones normativas que regulan las características que deberán cumplir los predios, inmuebles, edificaciones, instalaciones y demás componentes que integren un proyecto con uso urbano, desarrollo inmobiliario y/o un establecimiento con fines productivos, garantizando su adecuada construcción u operación; estas condicionantes serán aplicables posterior a la autorización del uso de suelo, acción urbanística o actividad productiva a desarrollar en el territorio.*

El nuevo uso de que se pretende dar por el establecimiento del proyecto es congruente con este instrumento normativo, el cual, es un proyecto de vivienda habitacional viable ya que toda la infraestructura necesaria también apto.

Ahora bien, para definir la compatibilidad estratégica del proyecto, tenemos que para la **UGT-COS-03 es la siguiente:**

- **A - Aptitud estratégica para asentamiento humano – CONDICIONADA**
- **D - Compatibilidad en instrumentos de planeación territorial y ambiental – COMPATIBLE**
- **E - Prioridad de Aprovechamiento Territorial = 2 - Actividades de aprovechamiento territorial compatibles en superficies al interior de perímetros de aprovechamiento prioritario.**

**F – Otras condicionantes – Tipo 3 = Son factibles las acciones urbanísticas.**

***III.*** *La COMPATIBILIDAD ESTRATÉGICA de los usos, actividades, proyectos y acciones urbanísticas se determinará a partir de la existencia de condiciones normativas favorables conforme a los criterios señalados a continuación:*

*i. Serán COMPATIBLES cuando se cumplan los tres criterios que a continuación se señalan:*

*a) Uso de suelo, proyecto o actividad productiva APTA o con APTITUD CONDICIONADA en este ordenamiento.*

*b) Uso de suelo, proyecto o actividad productiva COMPATIBLE en otros instrumentos de planeación territorial, los ordenamientos ecológicos y demás instrumentos de política ambiental aplicables.*

*c) Uso de suelo, proyecto o actividad productiva con factibilidad de localización conforme a las Condicionantes Tipo 1, referidas en el numeral anterior, contenidas en este Programa y demás instrumentos de regulación territorial.*

*ii. La COMPATIBILIDAD será CONDICIONADA cuando se cumplan los tres criterios que a continuación se señalan:*

*a) Uso de suelo, proyecto o actividad productiva APTA o con APTITUD CONDICIONADA en este ordenamiento.*

*b) Uso de suelo, proyecto o actividad productiva CONDICIONADA en otros instrumentos de planeación territorial, los ordenamientos ecológicos y demás instrumentos de política ambiental aplicables.*

*c) Uso de suelo, proyecto o actividad productiva con factibilidad de localización CONDICIONADA conforme a las Condicionantes Tipo 1, referidas en el numeral anterior, contenidas en este Programa y demás instrumentos de regulación territorial.*

*iii. Serán NO COMPATIBLES cuando se presente alguno de los siguientes criterios:*

*a) Uso de suelo, proyecto o actividad productiva NO APTA en este ordenamiento.*

*b) Uso de suelo, proyecto o actividad productiva NO COMPATIBLE en otros instrumentos de planeación territorial, los ordenamientos ecológicos y demás instrumentos de política ambiental aplicables.*

*c) Uso de suelo, proyecto o actividad productiva SIN FACTIBILIDAD de localización conforme a las Condicionantes Tipo 1, referidas en el numeral anterior, contenidas en este Programa y demás instrumentos de regulación territorial.*

*iv. Las ACCIONES URBANÍSTICAS para el desarrollo de un proyecto urbano o instalación de una unidad productiva solo se autorizarán si la COMPATIBILIDAD ESTRATÉGICA es favorable (compatible o condicionado); en dichos casos, la compatibilidad de acciones urbanísticas se sujetará a la tipología y Condicionantes Tipo 2 previstas en este ordenamiento y demás normatividad aplicable conforme al uso o actividad autorizada (ver Norma PEDUY-004).*

*v. Todo uso, proyecto o actividad autorizado deberá cumplir con las Condicionantes Tipo 3 que establezcan las autoridades competentes en las fases de construcción y/o operación.*

**i. Proyectos COMPATIBLES cuando cumplen los tres criterios señalados:**

**a.- Uso de suelo APTA o con APTITUD CONDICIONADA en este ordenamiento (PEDUY).**

**Vinculación**

La tipología "Vivienda" se encuentra dentro del uso **Urbano → Habitacional**, plenamente permitido por el PEDUY.
Por lo tanto, el uso propuesto es **APTO** dentro de la estructura territorial estatal.

**b.- Uso de suelo COMPATIBLE en otros instrumentos territoriales y ecológicos (incluye POETCY).**

**Vinculación**

El **POETCY (Decreto 160/2014)** clasifica el predio dentro de una UGA donde el uso **Vivienda Unifamiliar** es **Compatible (C)**. No está condicionado ni prohibido.
Esto confirma **compatibilidad plena** con el instrumento ecológico de mayor jerarquía para la zona costera.

**c.- Factibilidad de localización conforme a las Condicionantes Tipo 1 del PEDUY.**

**Vinculación**

El proyecto no se localiza en áreas de riesgo, zonas de restricción absoluta, corredores de infraestructura crítica ni polígonos de conservación estricta.
Por tanto, cumple las **Condicionantes Tipo 1**, garantizando factibilidad de localización y uso.

**CONCLUSIÓN DEL INCISO I:**

Dado que se cumplen **los tres criterios simultáneamente**, el Proyecto Casa Flores se clasifica como **COMPATIBLE** conforme al PEDUY.

**ii. COMPATIBILIDAD CONDICIONADA**

*Este apartado aplica solo si los usos están permitidos pero sujetos a condiciones específicas en alguno de los instrumentos.*

**Vinculación**

No aplica como categoría principal, ya que el POETCY no define el uso como "Condicionado" y el PEDUY tampoco impone una condición de uso para la tipología "Vivienda".
Sin embargo, el proyecto naturalmente deberá cumplir las condicionantes ambientales, constructivas y urbanas propias de cualquier obra, lo cual no modifica su clasificación de compatibilidad.

**iii. NO COMPATIBLE**

*Se aplica solo si hay prohibición o falta de factibilidad territorial/ecológica.*

**Vinculación**

No existe ningún elemento que ubique al proyecto en esta categoría:
- El PEDUY no lo clasifica como "No Apto".
- El POETCY lo clasifica como **Compatible** (no prohibido).
- La localización no presenta restricciones tipo 1.

Por tanto, el proyecto **NO** cae en categoría de incompatibilidad.

**iv. ACCIONES URBANÍSTICAS solo se autorizan si la compatibilidad es favorable (Compatible o Condicionada).**

**Vinculación**

El proyecto tiene **compatibilidad favorable** (compatible en PEDUY y compatible en POETCY), por lo que las acciones urbanísticas son **autorizables**.

A partir de esta etapa, el proyecto deberá observar las Condicionantes Tipo 2 del PEDUY relacionadas con tipología, diseño y parámetros básicos de implantación.

**v. Todo uso, proyecto o actividad autorizado deberá cumplir Condicionantes Tipo 3 en construcción y operación.**

**Vinculación**

El proyecto cumplirá las condicionantes Tipo 3, que se refieren a manejo ambiental, mitigación de impactos, medidas de prevención, control de residuos, gestión del agua y cumplimiento de normatividad sectorial durante las fases de **construcción y operación**. Estas condicionantes se integrarán tanto desde el PEDUY como desde el POETCY, así como desde la legislación ambiental aplicable (LGEEPA, reglamentos, NOMs, municipal).

**CONCLUSIÓN GENERAL DEL APARTADO III**

El Proyecto Casa Flores satisface **todos los criterios de compatibilidad estratégica del PEDUY**, y es **compatible con el POETCY**, por lo que las acciones urbanísticas son legalmente **autorizables**, sujetas a las condicionantes normativas típicas de su fase constructiva y operativa.

***IV.*** *Los usos, actividades o acciones urbanísticas que no se apeguen a los criterios señalados en la fracción anterior, solo podrán ser autorizados en los casos que el ordenamiento ecológico local, el programa municipal de desarrollo urbano o cualquier instrumento de planeación territorial a nivel municipal o de orden territorial más específico, justifique y permite su desarrollo.*

El proyecto se apega es este instrumento de planeación y al Programa de Ordenamiento Ecológico Territorial Costero del Estado de Yucatán (POETCY).

### III.2.2.2.4. PEDUY-004: Compatibilidad con acciones urbanísticas

El proyecto denominado **"Casa Flores"** consiste en una **casa habitacional veraniega**, que contempla área habitacional, Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR), alberca, estacionamiento de terracería, andador, áreas libres, ajardinadas y de conservación.

**Tabla 10. Análisis vinculante con la Norma de Ordenamiento Territorial PEDUY-004**

| ACCIONES URBANÍSTICAS | VINCULACIÓN |
|---|---|
| ***I.*** *Las acciones urbanísticas son actos o actividades tendientes al uso o aprovechamiento del suelo dentro de áreas urbanizadas o urbanizables, tales como subdivisiones, parcelaciones, fusiones, relotificaciones, fraccionamientos, condominios, desarrollos inmobiliarios o urbanizaciones en general, así como de construcción, ampliación, remodelación, reparación, demolición o reconstrucción de inmuebles, de propiedad pública o privada, que por su naturaleza están determinadas en los instrumentos de planeación territorial o cuentan con los permisos correspondientes. Comprende también la realización de obras de equipamiento, infraestructura o servicios urbanos (Adaptado de LGAHOTDU, artículo 3, fracción I).* | Las acciones urbanísticas incluyen actos de uso y aprovechamiento del suelo vinculados a construcción, adaptación, urbanización o desarrollo inmobiliario dentro de áreas urbanas o urbanizables.<br>En el caso del proyecto Casa Flores, las actividades previstas (habilitación del predio, limpieza, adecuación menor del terreno, y construcción de una vivienda unifamiliar) **encajan directamente en esta definición**, pues corresponden a obras de edificación y preparación del sitio que se realizan dentro de un área con aptitud para uso habitacional, reconocido tanto por el **PEOTDUY** como por el **POETCY (2014)**, el cual establece **compatibilidad para Vivienda Unifamiliar** en la UGA costera correspondiente. Se considera lo asiguiente: |

| ACCIONES URBANÍSTICAS | VINCULACIÓN |
|---|---|
| | Si bien, se encuentra retirado del centro de población, el proyecto contempla todos los servicios necesarios durante la etapa de operación.<br><br>1.- En el caso, del agua, el proyecto contempla una cisterna de 25,000 litro aproximadamente para almacenar agua potable con agua de lluvia o por medio de pipas.<br><br>2.- Para el manejo de las aguas grises y negras, con contempla un Biodigestor complementado con un sistema de humedal de flujo horizontal |
| ***II.*** *Toda acción urbanística deberá ser autorizada por la autoridad competente, por lo que incurre en una falta legal y administrativa sujeta a las sanciones correspondientes, llevar a cabo dichas acciones sin la autorización o notificación que señala la normativa aplicable.* | El proyecto **cumple este principio**, dado que su desarrollo se encuentra supeditado a los procesos de autorización previamente descritos en el marco normativo federal, estatal y municipal |
| ***III.*** *El desarrollo de acciones urbanísticas en un predio o inmuebles está condicionado a la previa autorización de la ACTIVIDAD, USO o DESTINO DEL SUELO conforme a los procedimientos y requerimientos establecidos en la legislación y normatividad, siendo que, la compatibilidad de acciones urbanísticas a la que refiere la siguiente fracción solo aplicará para los casos con licencia o permiso de uso de suelo o equivalente emitido por la autoridad municipal.* | Las acciones urbanísticas solo pueden ejecutarse cuando el uso del suelo está previamente autorizado.<br>Dado que el uso previsto es **Vivienda Unifamiliar**, compatible con:<br><br>**PEDUY-002**, clasificación j) Urbano → Habitacional → Vivienda.<br>**POETCY (2014)** → Vivienda unifamiliar como uso permitido.<br>El proyecto tiene **fundamento y factibilidad normativa** para avanzar a la etapa de acciones urbanísticas, al cumplir con las condiciones de uso de suelo aplicables en la zona. |
| ***IV.*** *La clasificación de las acciones urbanísticas compatibles con cada tipo general de uso y actividad son las siguientes:*<br><br>***j) Urbano (asentamientos humanos)***<br>*i. Adaptación y limpieza de terrenos*<br>*ii. Construcción, ampliación, remodelación, reparación, demolición o reconstrucción de inmuebles exclusivamente para el uso autorizado (incluye montaje de estructuras de resguardo provisionales o semipermanentes)*<br>*iii. Construcciones de accesos y senderos vehiculares al interior del predio*<br>*iv. Construcción, adaptación y mejoramiento de vialidades e infraestructura circundantes*<br>*v. Construcción o adaptación de redes o instalaciones de infraestructura de agua potable, energía eléctrica, telecomunicaciones o de saneamiento (incluye infraestructura para el tratamiento de aguas residuales)*<br>*vi. Construcción o adaptación de infraestructura e instalaciones para la disposición de residuos sólidos y especiales*<br>*vii. Construcción o instalación de cercados, muros y similares* | Para el uso "Urbano → Habitacional → Vivienda", son compatibles, entre otras, las siguientes acciones previstas en el proyecto:<br>• **Adaptación y limpieza del terreno** (i).<br>• **Construcción de la vivienda unifamiliar** (ii).<br>• **Construcción de accesos o senderos internos necesarios** (iii).<br>• **Instalación de infraestructura básica**, como acometidas de electricidad, agua potable y saneamiento, en congruencia con la normativa local (v).<br>• **Instalación de cercos perimetrales y elementos de delimitación** (vii).<br>• **Mobiliario básico y señalética interna cuando corresponda** (x).<br>Todas estas acciones están **dentro del catálogo de acciones compatibles para uso habitacional**, lo que confirma la alineación técnica del proyecto con el PEDUY-004.<br>Cabe señalar que el proyecto **NO contempla** lotificación, subdivisiones, desarrollos verticales, urbanizaciones, ni proyección de vialidades internas, por lo que **no cae en los supuestos de fraccionamiento o desarrollo inmobiliario formal** (ix, xi, xii), manteniéndose como un desarrollo de tipo **vivienda unifamiliar**. |

| ACCIONES URBANÍSTICAS | VINCULACIÓN |
|---|---|
| *viii. Delimitación o mejoramiento de senderos peatonales o ciclistas sin pavimentación dentro del predio*<br>***ix. Desarrollos inmobiliarios***<br>*x. Instalación de mobiliario y señalética*<br>*xi. Lotificación o división de predios (incluye subdivisiones, parcelaciones, fusiones, relotificaciones y similares) sin proyección de calles o uso habitacional a corto, mediano o largo plazo.*<br>*xii. Urbanización* | |
| ***V.*** *Los proyectos habitacionales en propiedad sujeta a régimen de condominio que impliquen la construcción de dos o más unidades de vivienda y además proyecten vialidades para circulación vehicular o no motorizada al interior del predio, se considera desarrollo inmobiliario, y deberá cumplir con las disposiciones legales y normativas correspondientes para su autorización y construcción.* | El proyecto **no se encuentra en régimen de condominio**, ni contempla la construcción de más de dos unidades ni vialidades vehiculares internas.<br>Por lo tanto, este supuesto **no aplica**. |
| ***VI.*** *La división de lotes que implique proyección de vialidades se considera desarrollo inmobiliario, y deberá cumplir con las disposiciones legales y normativas correspondientes para lotificación.* | El proyecto no implica subdivisión ni apertura de vialidades.<br>Este supuesto **tampoco aplica**. |
| ***VII.*** *Las acciones urbanísticas COMPATIBLES refieren a una compatibilidad estratégica y congruente con cada uso o actividad, sin embargo, serán las autoridades competentes a cargo de las autorizaciones correspondientes, las que determinen las acciones urbanísticas permitidas, con base a las disposiciones de localización establecidas en el PEDUY, otros ordenamientos más específicos y las demás disposiciones aplicables en la materia.* | Las acciones urbanísticas del proyecto coinciden con el uso de suelo **Urbano–Habitacional**, y cumplen con las condiciones de:<br>• **Aptitud del uso de suelo** según el PEOTDUY.<br>• **Compatibilidad ambiental** según el **POETCY (2014)** para vivienda unifamiliar.<br>• **Factibilidad de localización** conforme a los criterios del Programa Estatal.<br>En consecuencia, las acciones urbanísticas del proyecto se consideran **COMPATIBLES**, sujetas al otorgamiento de permisos y licencias por parte de las autoridades competentes y al cumplimiento de las condicionantes ambientales. |

### III.2.2.2.5. PEDUY-005: Aptitud de usos y actividades por tipología de Unidad de Gestión Territorial

**Tabla 11. Análisis vinculante con la Norma de Ordenamiento Territorial PEDUY-005**

| PEDUY-005 | VINCULACIÓN |
|---|---|
| ***I.*** *El esquema de aptitud por tipo de UGT para el PEDUY es el siguiente:*<br>**Tabla 2.** Aptitud por unidades de gestión territorial (UGT)<br>UGT \| Aprovechamiento territorial: Aptitud estratégica para asentamientos humanos \| Aptitud estratégica para actividades productivas \| Aptitud actual por actividades productivas existentes \| Prioridad de aprovechamiento territorial<br>VER ANEXO | El esquema de aptitud del PEDUY clasifica los usos y actividades como **APTOS, CONDICIONADOS o NO APTOS**, con base en instrumentos de política ambiental, tendencias de ocupación del suelo y el modelo estatal de desarrollo ordenado y sostenible.<br>En este sentido, **el predio del proyecto se ubica en la UGT-COS-03**, la cual presenta **"Aptitud estratégica para asentamientos humanos: CONDICIONADA"**, lo que permite el desarrollo habitacional bajo el cumplimiento de condicionantes específicas. |

| PEDUY-005 | VINCULACIÓN |
|---|---|
| *Se determina uso o actividad APTA, CONDICIONADA o NO APTA conforme a los instrumentos de política ambiental, las tendencias de localización de la actividad productiva, y la promoción de un modelo de aprovechamiento territorial, ordenado, compacto y sostenible.* | |
| ***II.** Las categorías APTO y CONDICIONADO se sujetarán a las condicionantes que establezca este Programa, otros instrumentos de planeación territorial y la normatividad aplicable.* | Dado que la UGT-COS-03 presenta aptitud **CONDICIONADA**, el proyecto se sujeta al cumplimiento de las condicionantes establecidas en el PEDUY, así como en los demás ordenamientos aplicables.<br>Asimismo, la aptitud territorial resulta congruente con el **POETCY**, donde el predio se ubica dentro de una UGA compatible con **Vivienda Unifamiliar**, reforzando la viabilidad del proyecto en términos ecológicos y territoriales. |
| ***III.** El Programa establece una APTITUD con fines ESTRATÉGICOS, sin embargo, corresponde a las autoridades competentes realizar los análisis de COMPATIBILIDAD pertinentes y determinar los usos y actividades PERMITIDAS, con base a las disposiciones establecidas en el PEDUY, otros ordenamientos más específicos y las demás disposiciones aplicables en la materia.* | El PEDUY establece que, aunque la UGT determina la aptitud estratégica, corresponde a las autoridades competentes resolver la **compatibilidad final** del uso y actividad.<br>El proyecto se presenta para dicha evaluación cumpliendo lo dispuesto en el PEDUY, el POETCY y el POETY. |
| ***IV.** El esquema identifica prioridades de aprovechamiento territorial, a través de las siguientes categorías:*<br>*a) Prioridad 1. Orientadas a consolidar, densificar, mejorar y regenerar los asentamientos existentes, haciendo uso preferente de los predios baldíos, las construcciones en abandono y los predios subutilizados en general.*<br>*b) Prioridad 2. Correspondientes a los perímetros de contención de las actividades urbanas y económicas, prioritariamente contiguas a las actuales áreas urbanizadas (aprovechamiento prioritario).*<br>*c) Prioridad 3. Correspondientes a los perímetros tendientes a conformar corredores de uso mixto, o delimitados con el fin de inhibir la dispersión de la actividad urbana o económica (contención vial).*<br>*d) Prioridad 4. UGT no consideradas en las categorías anteriores, siendo que no es deseable su aprovechamiento al corto y mediano plazo, ya que, su ubicación promueve la dispersión de las actividades urbanas o económicas; asimismo, excluye las áreas con restricciones establecidas por las ANP, los ordenamientos ecológicos, las regulaciones costeras y demás disposiciones que prohíben explícitamente el aprovechamiento del territorio.* | El esquema del PEDUY clasifica las superficies en prioridades de aprovechamiento.<br>El predio del proyecto se localiza dentro de la **Prioridad 2**, correspondiente a superficies situadas en **perímetros de contención de actividades urbanas y económicas contiguas a zonas ya urbanizadas**, lo que constituye un **aprovechamiento prioritario**.<br>Por tanto, su ubicación favorece la consolidación de la estructura urbana existente sin promover la dispersión. |
| ***V.** Las superficies no consideradas en el numeral anterior y que se localicen en ANP y zonas de conservación establecidas en los ordenamientos ecológicos, donde se prohíba o condicione el aprovechamiento territorial,* | El predio **no se ubica dentro de un ANP** ni se encuentra sujeto a prohibiciones derivadas de ordenamientos ecológicos. |

| PEDUY-005 | VINCULACIÓN |
|---|---|
| *quedarán sujetas a los usos, actividades y plazos que establezcan dichos ordenamientos y demás disposiciones en la materia.* | |
| ***VI.*** *El desarrollo de usos y actividades en UGT´s con prioridad de aprovechamiento territorial de tipo 4, sólo podrán ser autorizadas si expresamente son permitidas en ordenamientos ecológicos locales, programas municipales de desarrollo urbano u otros instrumentos de planeación territorial emitidos por los municipios o de orden territorial más específico que este Programa, conforme a lo establecido en la legislación en la materia, en congruencia con este instrumento; por lo que, no podrán autorizarse usos y actividades sin la existencia alguno de los instrumentos vigentes señalados.* | Al no ubicarse el proyecto en una UGT de Prioridad 4, esta disposición **no aplica**. |
| ***VII.*** *En el caso que los instrumentos de política ambiental señalen explícitamente la incompatibilidad de una actividad o uso, esta disposición predominará sobre la dispuesta en el PEDUY.* | Ningún instrumento de política ambiental establece incompatibilidad respecto al uso habitacional unifamiliar propuesto.<br>El **POETCY**, por el contrario, lo clasifica expresamente como **compatible** dentro de la UGA correspondiente.<br>Por tanto, **no aplica**. |
| ***VIII.*** *Las disposiciones en materia de compatibilidad de usos y actividades que establezcan los programas de desarrollo urbano publicados por los municipios posterior a la entrada en vigor de este Programa y que cuenten con Dictamen de Congruencia Favorable emitido por la autoridad estatal competente a partir del cual se evalúe la congruencia entre ambos instrumentos, predominarán sobre las disposiciones homólogas contenidas en el PEDUY.* | Hasta el momento de la evaluación, no existe un programa municipal de desarrollo urbano aplicable al área del proyecto que cuente con Dictamen de Congruencia.<br>En consecuencia, la vinculación se realiza únicamente con los instrumentos siguientes: PEDUY, POETY, POETCY. |
| ***IX.*** *En caso de existencia de programas de desarrollo urbano publicados por los municipios antes de la entrada en vigor de este Programa, se deberá garantizar que las autorizaciones de usos, actividades y acciones urbanísticas observen las disposiciones del instrumento municipal y del PEDUY.*<br>*Las usos y actividades específicas que se establezcan como compatibles en estos programas y por su escala no estén previstos en el PEDUY, podrán desarrollarse en las siguientes UGT sin requerimiento de la opinión estatal a la que refiere el siguiente párrafo, lo anterior, siempre y cuando, sean compatibles y congruentes con los instrumentos de política ambiental que corresponda:*<br><br>*a) UGT-ANP-02*<br>*b) UGT-ANP-03*<br>*c) UGT-CON-02*<br>*d) UGT-CON-03*<br>*e) UGT-APT-02*<br>*f) UGT-APT-03* | Dado que el municipio **no cuenta con un PDU previo** a la entrada en vigor del PEDUY, y el predio se ubica dentro de las UGT autorizadas (incluyendo **UGT-COS-03**), el proyecto se considera congruente con la zonificación vigente establecida a nivel estatal.<br>Todas las actividades propuestas corresponden a las permitidas en la UGT asignada.<br>El proyecto cumple, por tanto, con lo estipulado en este numeral. |

| PEDUY-005 | VINCULACIÓN |
|---|---|
| *g) UGT-COS-01*<br>*h) UGT-COS-02*<br>*i) UGT-COS-03*<br>***j) UGT, perímetros de aprovechamiento prioritario (UGT-APR-01)***<br><br>*Asimismo, cuando se pretenda la autorización de un uso, actividad o acción urbanística que no esté localizado en ninguna de las UGT señaladas en el párrafo anterior, y que por su localización se estime compatible con zonas previstas en el PDU publicado por el municipio antes de la entrada en vigor del instrumento, la autoridad municipal previo a emitir una autorización deberá solicitar opinión técnica al IMDUT, con el fin de evaluar la congruencia del uso de suelo pretendido, o bien, podrá someter a evaluación el PDU en su totalidad, para obtener una opinión sobre las zonificaciones y lineamientos vinculados, y su congruencia con el PEDUY, como medio para la construcción de acuerdos en materia de planeación territorial con fines de armonización, los cuales deberán formalizarse según los instrumentos administrativos que correspondan.* | |
| ***X.*** *En caso de que un municipio costero no cuente con instrumento de planeación territorial o normativa municipal que determine los usos y actividades compatibles con la Zona Federal Marítima Terrestre (ZOFEMAT), conforme a la delimitación que establece la legislación y la normatividad en la materia, se podrán desarrollar las siguientes actividades:*<br>*a) Conservación*<br>*b) Reforestación*<br>*c) Áreas ajardinadas con uso de materiales permeables y no permanentes*<br>*d) Instalación de resguardos con materiales no permanentes de soporte a actividades pesqueras*<br>*e) Instalación de resguardos con materiales no permanentes de soporte a actividades turísticas*<br>*f) Instalación de resguardos con materiales no permanentes de soporte a actividades administrativas*<br>*g) Instalación de mobiliario de soporte al comercio y servicios de bajo impacto (sin construcción).* | En ausencia de normativa municipal específica para la ZOFEMAT, el PEDUY establece un catálogo de actividades permisibles.<br>Aunque el proyecto **no se ubica dentro de ZOFEMAT**, mantiene congruencia con el **POETCY**, que regula integralmente el uso y la vocación ambiental en la franja costera.<br>Por tanto, el proyecto es **compatible con este instrumento de planeación**. |

## III.2.2.2.6. PEDUY-006: Densidades e intensidades de utilización del proyecto

**Tabla 12. Análisis vinculante con la Norma de Ordenamiento Territorial PEDUY-006**

| PEDUY-006 | VINCULACIÓN |
|---|---|
| *I.- Las autoridades promoverán acciones y regulaciones para incrementar progresivamente la densidad poblacional o habitacional (densidad urbana) de los centros de población y asentamientos humanos existentes, garantizando los siguientes criterios:*<br>*a) La densidad urbana se calcula considerando la población total o número de viviendas localizadas en un área urbanizada delimitada;*<br>*b) La densidad urbana óptima es aquella que logre un equilibrio entre el incremento de viviendas o población en una menor unidad de superficie, la disminución de vacíos urbanos, la capacidad instalada de la infraestructura y servicios que permita responder a tal demanda, y el acceso oportuno bajo criterios de proximidad a equipamientos y fuentes de empleo, a través de políticas complementarias de uso de suelo mixto;*<br>*c) Al implementar políticas de densificación, la autoridad deberá evaluar sus resultados en función de los criterios señalados para garantizar si existe un aumento progresivo de la densidad establecida como meta.* | El PEDUY señala que las autoridades deben promover incrementos progresivos en la densidad habitacional en asentamientos existentes, garantizando:<br>• El cálculo de densidad en función de viviendas y población dentro de un área urbanizada delimitada.<br>• Un equilibrio entre incremento de viviendas, disminución de vacíos urbanos, capacidad de servicios y acceso a equipamientos bajo principios de proximidad.<br>• La verificación periódica de que las políticas de densificación cumplen sus metas.<br>Dado que la determinación de densidad corresponde a la autoridad competente, se reconoce que la evaluación final de **compatibilidad y densidad permitida** queda sujeta a los criterios institucionales aplicables.<br>No obstante, el proyecto **no representa un incremento significativo ni desproporcionado de densidad**, dado que corresponde a un desarrollo habitacional unifamiliar de baja escala, congruente con la UGT asignada y sin efectos adversos en los servicios o infraestructura. |
| *II.- Para nuevos desarrollos inmobiliarios se deberán autorizar y promover densidades por encima del promedio que se determine para la localidad o zona en el periodo evaluado.* | El PEDUY establece que en nuevos desarrollos se deben promover densidades superiores al promedio registrado para la localidad evaluada.<br>El presente proyecto se sujeta a lo que determine la autoridad competente en materia de densidad; sin embargo, al tratarse de un **proyecto habitacional de baja intensidad**, su impacto es mínimo y no contradice el objetivo de aprovechar áreas ya aptas y previamente transformadas dentro de la UGT-COS-03. |
| *III.- En el caso de que no existen instrumentos de planeación territorial o normativa que establezca las intensidades de construcción a las que se sujetará la edificación en un predio; la autoridad deberá aplicar el siguiente criterio:*<br><br>*a) El **Coeficiente de Ocupación del Suelo (COS):** refiere al porcentaje máximo de un predio que puede ser utilizado para el desplante de una construcción; aplicarán los siguientes criterios:*<br><br>***UGT** \| **COS** \| **OBSERVACIONES*** | Dado que **el municipio no cuenta con un Programa de Desarrollo Urbano vigente**, el PEDUY ordena aplicar los valores de intensidad de construcción definidos por UGT. Para la **UGT-COS-03**, aplican los siguientes parámetros:<br>**a) Coeficiente de Ocupación del Suelo (COS)**<br>• **COS permitido:** 70%<br>• **COS del proyecto:** 62.38%<br>• **Superficie del predio:** 1,411.98 m²<br>• **Sup. máxima permitida por COS:** 988.38 m²<br>• **Superficie construida del proyecto:** 880.77 m²<br>El proyecto **cumple cabalmente** con el COS permitido, encontrándose **por debajo del máximo establecido** para la UGT-COS-03.<br>**b) Superficie construida y no construida**<br>El PEDUY exige que: |

<table>
<tr><th>PEDUY-006</th><th>VINCULACIÓN</th></tr>
<tr><td>
<table>
<tr><td>UGT-COS-03</td><td>70%</td><td>Sujeto a disposiciones de ordenamientos ecológicos, o en su caso, de programas de desarrollo urbano locales armonizados a los instrumentos de política ambiental referidos, con énfasis en las regulaciones costeras</td></tr>
</table>
<br>b) La superficie construida incluye edificaciones, pisos y/o techados de cualquier material;<br>c) La superficie restante (superficie no construida) sólo podrá ser área ajardinada o arbolada, con la posibilidad de que un 50% de dicha superficie sea utilizada para senderos construidos con material permeable; siendo deseable la utilización de vegetación nativa.</td>
<td>
• La superficie construida considere edificaciones, pisos y techados.<br>
• La superficie restante sea área ajardinada o arbolada, pudiendo destinar hasta un 50% a senderos con material permeable.<br>
• Se priorice vegetación nativa.<br><br>
Superficies del proyecto (MIA)
<table>
<tr><th>Descripción</th><th>Superficie ($m^2$)</th><th>Proporción (%)</th></tr>
<tr><td>Habitacional</td><td>154.71</td><td>10.96</td></tr>
<tr><td>Alberca</td><td>18.90</td><td>1.34</td></tr>
<tr><td>Estacionamiento de terracería</td><td>43.61</td><td>3.09</td></tr>
<tr><td>Andador</td><td>119.63</td><td>8.47</td></tr>
<tr><td>Asoleaderos</td><td>56.30</td><td>3.99</td></tr>
<tr><td>Área libre (ajardinada/no construida)</td><td>466.36</td><td>33.03</td></tr>
<tr><td>Biodigestor</td><td>7.43</td><td>0.53</td></tr>
<tr><td>Cisterna</td><td>7.52</td><td>0.53</td></tr>
<tr><td>Camino existente</td><td>95.79</td><td>6.78</td></tr>
<tr><td>Jardines</td><td>6.31</td><td>0.45</td></tr>
<tr><td>Área de conservación</td><td>435.42</td><td>30.84</td></tr>
<tr><td>Total</td><td>1,411.98</td><td>100%</td></tr>
</table>
La superficie no construida total (área libre + área de conservación + jardines) suma 908.09 $m^2$, lo que representa más del 64% del predio, cumpliendo ampliamente con la exigencia del PEDUY de mantener áreas permeables y vegetación (preferentemente nativa). Además, los senderos (andador) están construidos con material permeable, lo que también cumple con el criterio aplicable.
</td></tr>
<tr><td>IV.- Los municipios a través de sus programas de desarrollo urbano establecerán normas de intensidad bajo criterios que establezcan el cálculo de las alturas máximas.</td><td>El municipio no cuenta con Programa de Desarrollo Urbano, por lo que este numeral no aplica.<br>El proyecto se sujeta exclusivamente a los lineamientos del PEDUY, el POETCY y el POETY.</td></tr>
</table>

### III.2.2.2.7. PEDUY-008: Lineamientos para áreas urbanizadas, urbanizables y no urbanizables.

*III.-. Las áreas urbanizables es el territorio para el crecimiento urbano contiguo a los límites del área urbanizada del centro de población determinado en los programas de desarrollo urbano y demás instrumentos de planeación territorial, cuya extensión y superficie se calcula en función de las necesidades del nuevo suelo indispensable para su expansión (LGAHOTDU, artículo 3, fracción II); son criterios mínimos para su delimitación los previstos en la legislación aplicable y los que a continuación se señalan:*

*a) Suelo con aptitud territorial para el aprovechamiento urbano.*

*b) Superficie contigua a los límites de las áreas urbanizadas.*

*c) Localización que controle la expansión y la dispersión urbana.*

*d) Factibilidad administrativa, operativa y financiera de las autoridades competentes, para la expansión de los asentamientos humanos, considerando criterios de sostenibilidad, proximidad y continuidad a las redes de infraestructura urbana y servicios públicos.*

*e) Superficie con factibilidad para su integración a la red vial existente bajo criterios de proximidad, continuidad y articulación con vialidades consolidadas.*

*f) Predios con certeza jurídica en su propiedad.*

*g) Suelo urbano programado derivado de autorizaciones vigentes para el uso urbano, la urbanización y la edificación, emitidas por el ayuntamiento con previo cumplimiento de las disposiciones establecidas en la legislación y normatividad aplicables.*

*h) Congruencia entre este tipo de superficie y las variables sociodemográficas como el crecimiento natural de la población, los procesos migratorios, la densidad poblacional y la demanda de vivienda; para tales fines, los programas incluirán las proyecciones y estimaciones relativas al requerimiento en materia de suelo urbano y vivienda, garantizando que exista congruencia con la estimaciones del ANEXO ORMATIVO de este Programa, o bien, justificando la incorporación de un mayor número de superficie como área urbanizable.*

*Las autoridades municipales definirán los criterios y mecanismos para evaluar dicha congruencia, siendo que no autorizarán desarrollos que superen exponencialmente la demanda de vivienda y suelo urbano conforme a los instrumentos de planeación territorial referidos.*

*i) Observar la integración a la estructura urbana para nuevos desarrollos habitacionales, de equipamiento, comerciales y de servicios.*

*j) Conducir el crecimiento urbano hacia zonas con aptitud y aprovechamiento urbano.*

*k) Las áreas urbanizables garantizarán la protección, conservación, preservación y restauración ambiental.*

*l) Las áreas urbanizables establecen límites de contención urbana.*

*m) El crecimiento de las áreas urbanas deberá desarrollarse prevaleciendo la ocupación de espacios intraurbanos o predios contiguos a la zona urbana.*

*n) La ejecución de obras de urbanización a desarrollarse en áreas urbanizables se sujetará al cumplimiento de los títulos de concesión correspondientes en materia de agua y energía eléctrica.*

*ñ) Evitar el crecimiento disperso en zonas periurbanas.*

*o) En el caso de que las reservas territoriales se sitúen en áreas urbanizables o suelo con aptitud territorial para el aprovechamiento urbano, deberán contar con la proximidad a las áreas urbanizadas, la red vial primaria y regional o corredores viales de transporte público de pasajeros; estas reservas permitirán la futura dotación de los espacios y servicios básicos.*

*p) Se deberán respetar los plazos de desarrollo y crecimiento urbano.*

**VINCULACIÓN**

En atención al numeral III del PEDUY-006 y conforme al artículo 3, fracción II de la LGAHOTDU, el predio donde se desarrolla el Proyecto **Casa Flores** se considera **área urbanizable**, dado que integra condiciones físicas, territoriales y

de factibilidad que lo hacen apto para la incorporación ordenada a la dinámica urbana de Sisal. Dicho reconocimiento es congruente con el uso habitacional propuesto en la MIA y se justifica de la siguiente manera:

**a) Suelo con aptitud territorial para el aprovechamiento urbano**

El predio presenta condiciones biofísicas compatibles con el establecimiento de infraestructura ligera y de baja intensidad, sin requerir desmontes ni remoción de vegetación nativa de importancia ecológica. La aptitud territorial se sustenta además en su ubicación en una matriz ya intervenida, con edificaciones aledañas y procesos urbanos consolidándose en el corredor inmediato.

**b) Superficie contigua a los límites de las áreas urbanizadas**

La superficie del proyecto se ubica inmediatamente adyacente a la mancha urbana existente de Sisal, constituyéndose como **suelo contiguo** que permite la expansión ordenada y no dispersa del asentamiento humano, en estricto apego al criterio de continuidad territorial establecido por el PEDUY-006.

**c) Localización que controla la expansión y la dispersión urbana**

Al ubicarse en un frente urbano ya desarrollado y con acceso directo a vialidad existente, el proyecto favorece la consolidación de una estructura urbana continua, evitando la ocupación de suelo aislado o la proliferación de núcleos dispersos que generan costos ambientales y de infraestructura.

**d) Factibilidad administrativa, operativa y financiera**

El predio se localiza en una zona con disponibilidad para ser atendida por las autoridades municipales en materia de servicios e infraestructura, sin requerir ampliaciones complejas ni generación de nuevos trazos viales. Esto fortalece la sostenibilidad operativa del asentamiento y minimiza los impactos asociados a la expansión de redes.

**e) Factibilidad de integración a la red vial existente**

El predio se encuentra **a pie de carretera**, con accesos consolidados y la posibilidad de articulación inmediata con la vialidad primaria local, cumpliendo el criterio de proximidad y continuidad respecto de la estructura vial urbana.

**f) Certeza jurídica en la propiedad**

El predio cuenta con la documentación que acredita su propiedad y delimitación oficial, condición indispensable para integrar suelo como área urbanizable dentro de la planeación territorial.

**g) Congruencia con autorizaciones vigentes y uso urbano permitido**

El proyecto se apega a los usos compatibles establecidos por la normativa local y es congruente con los criterios del PEDUY para zonas de consolidación habitacional. Aunque Sisal presenta un marco de planeación limitado, la propuesta se ajusta a la regulación ambiental vigente (POETCY y POETY), lo que garantiza su viabilidad para uso urbano.

**h) Congruencia con las variables sociodemográficas**

El desarrollo propuesto no excede la demanda local de vivienda ni plantea un crecimiento desproporcionado respecto a la dinámica poblacional. Por el contrario, se integra como un proyecto **puntual, de baja escala y baja ocupación**, alineado con las estimaciones de demanda de suelo urbano para Sisal.

**i) Integración a la estructura urbana existente**

Se incorpora de forma armónica a la estructura urbana sin introducir usos conflictivos ni requerir infraestructuras intensivas. El diseño respeta las características urbanas locales, la morfología del entorno y la tipología constructiva predominante.

**j) Crecimiento urbano orientado a zonas con aptitud**

El predio se localiza en un espacio donde la aptitud urbana ya ha sido reconocida por los instrumentos ambientales (POETCY/POETY), lo que deriva en un crecimiento dirigido hacia zonas aptas y no hacia áreas de alta sensibilidad ecológica.

**k) Protección y conservación ambiental**

La superficie del proyecto mantiene una **importante proporción de área libre y de conservación**, contribuyendo a la preservación local de vegetación y permitiendo la infiltración natural. No se realizan obras masivas de urbanización ni se comprometen funciones ambientales relevantes.

**l) Límites de contención urbana**

Al ubicarse en un borde urbano consolidado, el proyecto contribuye al refuerzo de los límites de contención, evitando que el crecimiento se desplace hacia terrenos de conservación de mayor valor ecológico.

**m) Ocupación de predios intraurbanos o contiguos**

El proyecto cumple plenamente este criterio, al desarrollarse dentro de un predio contiguo a zona urbana y no en área aislada.

**n) Sujeción a títulos y factibilidades de agua y energía eléctrica**

Las obras contempladas se ejecutarán bajo el cumplimiento de las disposiciones aplicables en materia de agua potable, saneamiento y energía, sin requerir ampliaciones significativas ni nuevas concesiones que propicien presiones adicionales sobre la infraestructura regional.

**ñ) Evitar el crecimiento disperso en zonas periurbanas**

El proyecto se integra al límite urbano existente, cumpliendo con los lineamientos de contención y evitando la dispersión hacia zonas periurbanas o ambientalmente más sensibles.

**o) Proximidad a red vial primaria y servicios básicos**

El predio se encuentra conectado a la red vial y con disponibilidad de servicios, lo que facilita la integración ordenada al tejido urbano y permite satisfacer las necesidades de infraestructura sin impactos significativos.

**p) Respeto a los plazos de desarrollo urbano**

El proyecto se alinea con la secuencia de crecimiento ordenado que contempla el PEDUY, evitando procesos de especulación o apertura de suelo que contradigan la programación del desarrollo urbano.

### III.2.2.2.8. PEDUY-009: Lineamientos para el ordenamiento de los asentamientos humanos y la vivienda en el territorio.

**Tabla 13. Análisis vinculante con la Norma de Ordenamiento Territorial PEDUY-009**

| PEDUY-009 | VINCULACIÓN |
|---|---|
| *I.- Las áreas o terrenos destinados para uso habitacional deberán evitar situarse considerando las siguientes distancias:*<br><br>*a) Igual o menor a 1 km del límite de depósitos de combustible*<br>*b) Igual o menor a 50 m de las estaciones de servicio (gasolineras o gaseras).*<br>*c) Igual o menor a 500 m de ductos en los que fluyan combustibles, así como instalaciones industriales de alta peligrosidad*<br>*d) Menor a 50 m de las líneas de electrificación de alta tensión*<br>*e) Menor a 30 m de líneas troncales de electrificación*<br>*f) Menor a 3 m de ramales o líneas de distribución de alumbrado público*<br>*g) Dentro de los límites de influencia de aviación según las regulaciones aplicables*<br>*h) Menor a 2000 m de tiraderos a cielo abierto*<br>*i) Menor a 500 m de cuevas o grutas*<br><br>*Las restricciones aplican de igual forma para la localización de infraestructura y actividades productivas respecto a la vivienda.* | **I.- Distancias mínimas para uso habitacional**<br>El proyecto **Casa Flores**, destinado a uso habitacional y con infraestructura de baja escala, cumple cabalmente con las restricciones territoriales establecidas en el numeral I del PEDUY-009. La evaluación ambiental y territorial realizada para la presente MIA confirma que el predio **no se encuentra dentro de ninguna zona de riesgo**, ni vulnera distancias mínimas respecto a infraestructura peligrosa o instalaciones de alto impacto. Las verificaciones se detallan a continuación:<br>**a) Depósitos de combustible**<br>No existen depósitos de combustibles ni instalaciones de almacenamiento dentro de un radio de **1 km** alrededor del predio.<br>**b) Estaciones de servicio (gasolineras o gaseras)**<br>No se identifican estaciones de servicio dentro de **50 metros** del predio, cumpliendo ampliamente el umbral establecido.<br>**c) Ductos de combustibles o instalaciones industriales de alta peligrosidad**<br>La revisión cartográfica y de bases de datos públicas confirma que **no existen ductos**, oleoductos, gasoductos u otras instalaciones de alta peligrosidad en un radio de **500 m a 1 km** del proyecto.<br>**d) Líneas de electrificación de alta tensión**<br>El predio **no colinda ni se sitúa a menos de 50 m** de infraestructura eléctrica de alta tensión. La red existente corresponde únicamente a líneas de distribución de baja capacidad.<br>**e) Líneas troncales de electrificación**<br>No se registran líneas troncales de electrificación a menos de **30 m** del predio.<br>**f) Ramales o líneas de distribución de alumbrado público** |

| PEDUY-009 | VINCULACIÓN |
|---|---|
| | El predio no se encuentra a menos de **3 m** de ramales o líneas de alumbrado público; no se genera afectación ni riesgo.<br>**g) Límites de influencia de aviación**<br>El proyecto no se localiza dentro de zonas de influencia aeroportuaria ni en corredores aéreos regulados, por lo que no se contravienen disposiciones aeronáuticas.<br>**h) Tiraderos a cielo abierto**<br>No existen tiraderos a cielo abierto dentro de un radio de **2,000 m** del predio, lo que evita riesgos ambientales y sanitarios asociados a la disposición de residuos.<br>**i) Cuevas o grutas**<br>La inspección de campo y revisión de fuentes espeleológicas indican que **no existen cuevas o grutas** dentro de **500 m** del área del proyecto.<br>**Conclusión del Numeral I:**<br>El proyecto **cumple la totalidad de los criterios de distancias y restricciones** establecidos por el PEDUY-009, confirmando que su ubicación es ambientalmente segura y compatible con el uso habitacional propuesto. |
| *III. Para el establecimiento de desarrollos inmobiliarios se deberá evaluar considerando la disponibilidad de infraestructura mínima:*<br>*a) Agua potable*<br>*b) Plantas de tratamiento de aguas residuales*<br>*c) Drenaje*<br>*d) Energía eléctrica*<br>*e) Alumbrado público*<br>*f) Vialidad, planificación de calles y avenidas con base a estudios de tráfico previendo la densificación futura al menos para los 10 años posteriores*<br>*g) Guarniciones*<br>*h) Equipamiento*<br>*i) Servicios*<br>*j) Infraestructura con criterios de accesibilidad y diseño universal para personas con discapacidad.* | Aunque se trata de un proyecto de baja escala con impacto reducido, se evaluó la disponibilidad y factibilidad de infraestructura en términos ambientales y de acuerdo con la funcionalidad prevista. Las condiciones del proyecto permiten confirmar la **viabilidad del establecimiento sin generar cargas significativas sobre las redes existentes**, cumpliendo así con las disposiciones del PEDUY-009.<br>**a) Agua potable**<br>La vivienda obtendrá agua mediante almacenamiento en **cisterna** durante época de lluvias y abastecimiento por **pipas** en temporada seca, siguiendo prácticas comunes en zonas costeras con limitaciones de red pública. Este método evita la sobreexplotación de la infraestructura local.<br>**b) Plantas de tratamiento de aguas residuales**<br>Por tratarse de **una sola vivienda**, no se requiere planta de tratamiento municipal ni infraestructura colectiva. El manejo de aguas residuales será mediante **biodigestor certificado**, mecanismo aprobado por el artículo 152 del Reglamento de la Ley de Desarrollo Inmobiliario del Estado de Yucatán.<br>**c) Drenaje**<br>Dado el volumen reducido de descargas, el sistema de biodigestor cumplirá la función de tratamiento primario y disposición segura. El predio no requiere red de drenaje sanitario urbana.<br>**d) Energía eléctrica**<br>El proyecto solicitará la **factibilidad a la CFE**, contando con la ventaja de que la línea de distribución se localiza a pie de carretera. No se requiere tendido nuevo de alta tensión ni ampliaciones significativas.<br>**e) Alumbrado público** |

| PEDUY-009 | VINCULACIÓN |
|---|---|
| | El acceso al predio cuenta con infraestructura funcional, sin requerir modificaciones ni nuevas líneas.<br>**f) Vialidad y planificación de calles**<br>El predio se conecta directamente con la vialidad existente, sin necesidad de abrir nuevas calles ni modificar el trazo urbano, por lo que no se comprometen los flujos viales presentes ni futuros.<br>**g) Guarniciones**<br>Dada la naturaleza del proyecto (vivienda unifamiliar aislada), no se requiere la habilitación de guarniciones adicionales, y no se generan impactos relacionados con tránsito o urbanización masiva.<br>**h) Equipamiento y i) Servicios**<br>El proyecto no requiere equipamiento municipal adicional ni la ampliación de servicios públicos. Su escala garantiza que no se generará presión significativa sobre la infraestructura local existente.<br>**j) Accesibilidad y diseño universal**<br>El diseño de la vivienda permite la accesibilidad conforme a las condiciones del predio; no introduce barreras al entorno ni contraviene criterios de diseño universal.<br><br>**Conclusión del Numeral III**<br>El proyecto **cuenta con la infraestructura mínima necesaria**, adecuada a su escala, y no demanda ampliaciones de red ni la construcción de infraestructura pública adicional, cumpliendo plenamente las disposiciones del PEDUY-009 para desarrollos habitacionales.<br>Por tanto, es importante señalar que cada propietario una vez adquirido su lote tendrá que instalar un Biodigestor para el manejo de sus aguas grises y negras, con al menos las siguientes especificaciones:<br>"Biodigestores: Capacidad de 600 l., en vivienda social.<br>Capacidad de 1300 l., en vivienda de otro tipo.<br>Aguas grises y negras separadas<br>1 pozo de monitoreo por cada 100 viviendas<br>Cada vivienda deberá contar con un registro en lote y frente a la banqueta para limpieza de los lodos".<br>- **Manejo de residuos:** Se establecerán tambores de 100 L de capacidad para el depósito temporal de los residuos sólidos urbanos que se generen en sitios estratégicos del predio del proyecto. |

### III.2.2.2.9. PEDUY-018: Disposiciones aplicables a zonas de riesgo natural

***I.-*** *El crecimiento urbano deberá ajustarse a lo que dictaminen los estudios de prevención de riesgos geológicos e hidrometeorológicos, no podrán asignarse usos o aprovechamientos urbanos o asentamientos humanos en zonas de alto riesgo.*

| VINCULACIÓN |
|---|

Con base en la cartografía de **restricciones territoriales por riesgo natural**, el predio se ubica en **Nivel 1**, que corresponde al **nivel de menor concentración de riesgo**. Esta clasificación confirma que el sitio **no presenta condiciones geológicas o hidrometeorológicas que impidan su uso urbanístico**, por lo que **CUMPLE CABALMENTE** con el criterio establecido en este numeral.

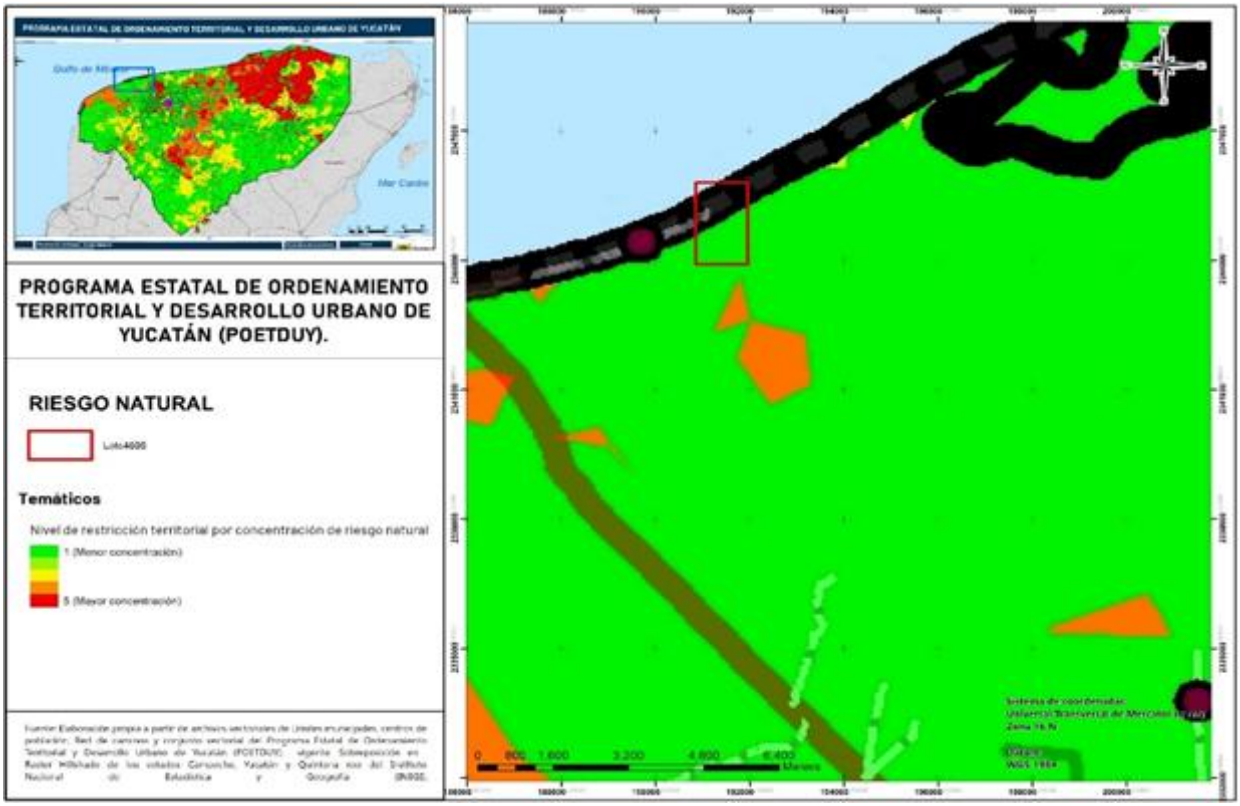



**Figura 3. Restricciones territoriales por riesgo natural (CONAPRED, 2007; SGM, 2013; COPNAFOR, 2021)**

***II.-*** *En zonas de alto riesgo está prohibido realizar cualquier obra o edificación permanente.*

**VINCULACIÓN**

El proyecto **no se localiza en zonas de alto riesgo**, ya que, como se indicó, se ubica dentro del **Nivel 1**, considerado el **más bajo dentro de la jerarquía de riesgo natural**. Por tanto, la obra **CUMPLE CABALMENTE** con este apartado, al situarse en un área apta para edificaciones sin restricciones por peligros naturales.

***VIII.-*** *Las UGT con superficies en zonas de riesgo natural son las siguientes:*

*Porcentaje de territorio en zonas de riesgo natural por UGT*

| ***ZONAS DE RIESGO NATURAL*** | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| ***UGT*** | ***Menor restricción*** | ***Restricción media*** | | | ***Mayor restricción*** |
| | ***Nivel de restricción 1*** | ***Nivel de restricción 2*** | ***Nivel de restricción 3*** | ***Nivel de restricción 4*** | ***Nivel de restricción 5*** |
| ***UGT-COS-03*** | *87.52%* | *0%* | *7.97%* | *3.91%* | *0.60%* |

**VINCULACIÓN**

El proyecto se localiza específicamente dentro del área clasificada como **Nivel de restricción 1**, lo que confirma que se emplaza dentro del **87.52% del territorio de la UGT-COS-03** considerado con **baja susceptibilidad a peligros naturales**. En consecuencia, **CUMPLE plenamente con lo dispuesto por el numeral VIII**, pues no invade zonas de restricción media o alta.

### III.2.2.2.10. PEDUY-019: disposiciones aplicables a zonas de riesgo antrópico

***V.-*** *Para las acciones que impliquen la expansión del área urbana (fraccionamiento de terrenos o conjuntos habitacionales, subdivisión o parcelación de la tierra, cambio de usos del suelo), las autoridades deberán asegurar que no se ocupen áreas de alto riesgo, sin que se tomen las medidas de prevención correspondientes.*

**VINCULACIÓN**

**Para dar cumplimiento a este criterio, se analizó la ubicación del predio con base en la** cartografía de restricciones territoriales por riesgo antrópico**. El proyecto se sitúa en** Nivel de restricción 1**, correspondiente a la** restricción baja**, lo cual indica ausencia de elementos antrópicos peligrosos o de infraestructuras con potencial de generar afectaciones. Por tanto,** CUMPLE CABALMENTE **con este numeral, pues la intervención no invade áreas de alto riesgo ni requiere medidas adicionales de prevención.**

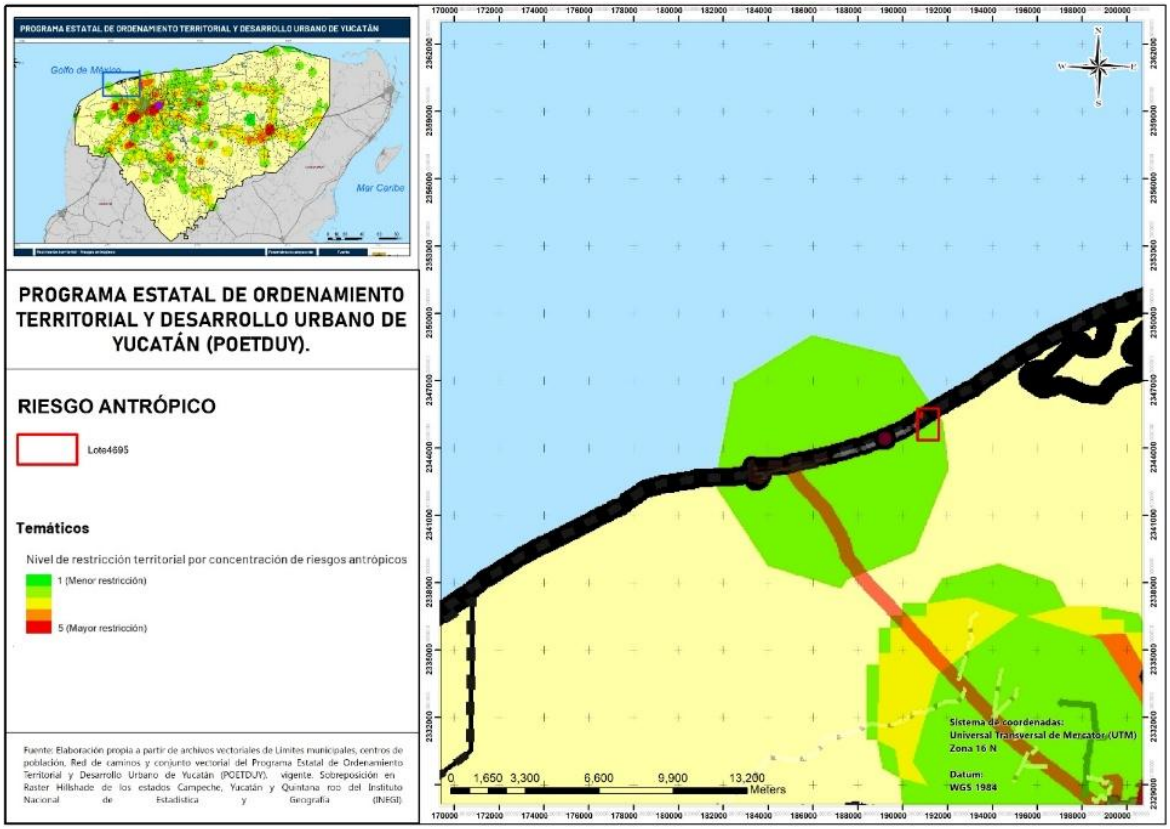



**Figura 4. Restricciones territoriales por riesgo antrópico (GeoComunes, 2019)**

***VIII.-*** *Las UGT con superficies en zonas de riesgo antrópicos son las siguientes:*

| ***ZONAS DE RIESGO ANTRÓPICO*** | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| ***UGT*** | ***Menor restricción*** | ***Restricción media*** | | | ***Mayor restricción*** |
| | ***Nivel de restricción 1*** | ***Nivel de restricción 2*** | ***Nivel de restricción 3*** | ***Nivel de restricción 4*** | ***Nivel de restricción 5*** |
| ***UGT-COS-03*** | *0%* | *24.64%* | *0%* | *0%* | *4%* |

**VINCULACIÓN**

A pesar de que el porcentaje territorial de la UGT-COS-03 correspondiente al **Nivel 1** es bajo, el predio del proyecto se encuentra precisamente en un sector clasificado como **Nivel de restricción 1**, considerado **riesgo antrópico bajo**, lo que confirma que **no se emplaza dentro del 24.64% del territorio con restricción media ni dentro del 4% con alta restricción**.

En consecuencia, el proyecto **CUMPLE plenamente** con el numeral VIII de la Norma PEDUY-019, al localizarse fuera de zonas con presencia significativa de riesgos derivados de actividades humanas o infraestructura peligrosa.

### III.2.2.2.11. PEDUY-020: disposiciones aplicables a zonas de importancia hidrológica

***II.-*** *Se consideran los tipos de tratamiento de agua residual lo siguientes:*

*• Lagunas de estabilización*

*• Humedales artificiales*

*• Biofiltración sobre materiales filtrantes orgánicos*

*• Biodigestores anaerobios.*

**VINCULACIÓN**

El proyecto corresponde al establecimiento de una **vivienda unifamiliar** y, en congruencia con este numeral, el manejo de las aguas residuales se realizará mediante un **sistema combinado de Biodigestor anaerobio + Humedal de Flujo Horizontal (HFH)**.

Este esquema cumple cabalmente con los tipos de tratamiento señalados por la Norma PEDUY-020, ya que:

- El **biodigestor anaerobio** realiza el pretratamiento primario y secundario, reduciendo sólidos sedimentables, lodos y DBO.
- El **humedal de flujo horizontal** funciona como un sistema de pulimiento y tratamiento terciario natural, incrementando la remoción de DBO, DQO, nutrientes (N y P) y patógenos, garantizando una calidad de efluente adecuada para el estándar regional.

El sistema propuesto se justifica además por encontrarse el predio en una zona de **valor hidrológico**, donde se priorizan tecnologías de bajo impacto, eficientes y compatibles con procesos ecológicos locales.

La especificación mínima por vivienda es:

- **Biodigestor social:** 600 L
- **Biodigestor no social:** 1300 L
- Aguas grises y negras **separadas**
- **1 pozo de monitoreo** por cada 100 viviendas
- **Registro en banqueta** para limpieza de lodos
- **Humedal de flujo horizontal** operando como complemento del biodigestor: sistema pasivo, sin consumo energético, con lecho de grava y plantación macrófita para optimizar la remoción de contaminantes.

***XII.-*** *El sistema de tratamiento de aguas residuales ya sea individual o colectivo para los Desarrollos Inmobiliarios estará determinado de acuerdo con el número de viviendas proyectadas. En el caso de sistemas de tratamiento colectivos la ubicación de este se determinará en la factibilidad urbana ambiental, misma que deberá estar establecida en el plano de lotificación, presentado para la autorización en materia ambiental, de acuerdo con la tabla siguiente:*

*Consideraciones con respecto a los sistemas de tratamiento colectivo.*

| ***Rango de viviendas*** | ***Sistema*** | ***Consideraciones*** |
|---|---|---|
| *1 a 150 unifamiliares* | *Biodigestores* | *Capacidad de 600 l., en vivienda social.*<br>*Capacidad de 1300 l., en vivienda de otro tipo.*<br>*Aguas grises y negras separadas 1 pozo de monitoreo por cada 100 viviendas.*<br>*Cada vivienda deberá contar con un registro en la banqueta para limpieza de los lodos.* |

**VINCULACIÓN**

De acuerdo con la tabla normativa, el proyecto **CUMPLE CABALMENTE**, pues utiliza biodigestores, conforme establece la Ley de Desarrollo Inmobiliario del Estado de Yucatán.

El **humedal de flujo horizontal** no contradice la norma; al contrario, **fortalece el estándar de tratamiento** y mejora el desempeño ambiental en zonas de sensibilidad hidrológica, aportando un sistema más robusto y adecuado para las condiciones del sitio.

***XIII.-*** *Las UGT con superficies en zonas de alto valor hidrológico son las siguientes:*

*Porcentaje de territorio en zonas con alto valor hidrológico por UGT*

| ***ZONAS DE VALOR HIDROLÓGICO*** | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| ***UGT*** | ***Menor restricción*** | ***Restricción media*** | | | ***Mayor restricción*** |
| | ***Nivel de restricción 1*** | ***Nivel de restricción 2*** | ***Nivel de restricción 3*** | ***Nivel de restricción 4*** | ***Nivel de restricción 5*** |
| ***UGT-COS-03*** | *0%* | *4.36%* | *0%* | *95.63%* | *0%* |

**VINCULACIÓN**

El proyecto se ubica dentro de la **UGT-COS-03**, clasificada mayoritariamente como **nivel 4 (restricción media por valor hidrológico)**.

Por ello, el empleo de un **sistema de biodigestor + humedal de flujo horizontal** es ambientalmente pertinente, pues:

- Minimiza infiltración de aguas sin tratamiento.
- Reduce riesgo de contaminación difusa en un territorio con vulnerabilidad hidrológica.
- Cumple con el principio de **prevención y minimización de impactos**.
- Se alinea con las mejores prácticas recomendadas para zonas con alta recarga y relevancia hidrológica.

En consecuencia, **el proyecto cumple con lo estipulado en el numeral XIII de la Norma PEDUY-020**, incorporando un sistema de tratamiento eficiente, adecuado y congruente con la sensibilidad del área.

### III.2.3. Programa de Ordenamiento Ecológico Territorial del Estado de Yucatán (POETY)

El **Programa de Ordenamiento Ecológico del Territorio del Estado de Yucatán (POETY)**, publicado en el Diario Oficial del Gobierno del Estado el **5 de diciembre de 2023**, constituye el instrumento estatal de carácter normativo y orientador para regular el uso del territorio y promover un desarrollo ambientalmente sostenible. Si bien el POETY es de observancia general para el estado, **su aplicación es jerárquicamente inferior** respecto del **Programa de Ordenamiento Ecológico Territorial Costero del Estado de Yucatán (POETCY)**, el cual es el instrumento rector en las zonas costeras. En consecuencia, para los predios ubicados dentro del ámbito de aplicación del POETCY —como ocurre en este proyecto— el POETY **funge como un marco complementario**, cuya interpretación debe realizarse en congruencia y sin contravenir las determinaciones establecidas por el ordenamiento ecológico costero.

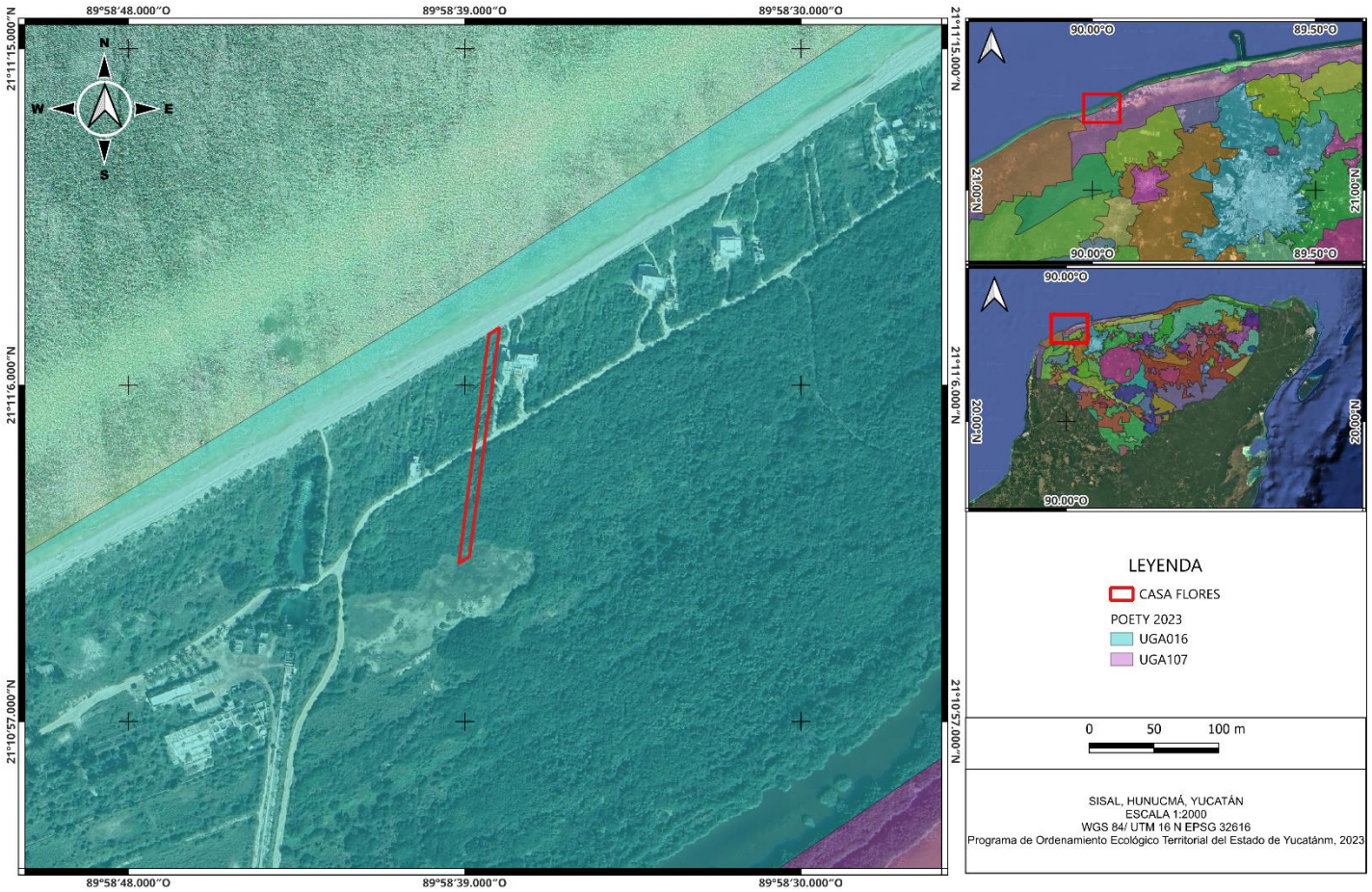



**Figura 5. Situación del predio del proyecto en función al POETY, 2023**

En este contexto, el predio del proyecto se localiza dentro de la **Unidad de Gestión Ambiental UGA016-APROV-HUN**, por lo que a continuación se analiza su vinculación con los criterios ambientales, políticas, lineamientos y determinaciones específicas establecidas para dicha UGA, asegurando su compatibilidad con el modelo territorial previsto por este instrumento estatal y su congruencia con el ordenamiento ecológico superior (POETCY)

Dicha unidad tiene las siguientes características:

**Tabla 14. Características generales de la UGA 016 del POETY, 2023**

| UGA | NOMBRE DE LA UGA | ÁREA | MUNICIPIO DE REFERENCIA |
|---|---|---|---|
| 016 | UGA016-APROV-HUN | 0.339 $Km^2$ | Hunucmá |
| **DESCRIPCIÓN** | Propiciar el aprovechamiento sustentable de 0.339 $km^2$ para el desarrollo de las actividades compatibles. | | |

**Tabla 15. Síntesis y regulación de uso de suelo para la UGA016-APROV-HUN**

| CLAVE DE LA UGA | USOS COMPATIBLES | USOS INCOMPATIBLES |
|---|---|---|
| 016 | 1, Acuacultura de agua dulce,<br>2, Acuacultura salobre<br>19, Turismo de naturaleza<br>20, Turismo de playa | 3, Agricultura tecnificada<br>7, Energía eólica<br>8, Energía fotovoltaica<br>10, Industrial<br>12, Milpa maya<br>13, Minería no metálica<br>14, Pecuario bovino<br>15, Pecuario avícola<br>16, Pecuario porcino |
| **Política de la UGA**: | **USOS CONDICIONADOS** | |
| Aprovechamiento sustentable | **6, Asentamientos humanos**<br>9, Forestal<br>11, Infraestructura<br>17, Pesca<br>18, Turismo convencional. | |

Las características particulares de la UGA indican una política de **"Aprovechamiento Sustentable"** y según la regulación de usos de suelo, se condiciona el uso denominado **"Asentamientos humanos",** el cual, se apega el proyecto consistente en una **vivienda unifamiliar,** A continuación, se presenta a letra las características del Uso de suelo y la política relevante para esta UGA según el POETY, 2023:

*"**Aprovechamiento sustentable:** La política de aprovechamiento se aplica cuando el uso del suelo es congruente con su aptitud natural, de modo que se realice el aprovechamiento de los recursos naturales de forma sustentable."*

*"**Asentamientos humanos:** Se refiere al establecimiento de nuevos centros poblacional en zonas donde sea factible el aprovechamiento de la infraestructura y servicios actuales, y se contenga la expansión urbana desordenada."*

Derivado de lo anterior, se presenta el análisis vinculante con los criterios ambientales generales para la UGA016-APROV-HUN y los específicos para los Asentamientos Humanos.

**Tabla 16. Análisis vinculante con los criterios ambientales generales de la UGA016-APROV-HUN**

| No. | Criterio | Vinculación |
|---|---|---|
| **1** | *Todo proyecto, obra o actividad que genere aguas residuales, deberá contar con un sistema de drenaje y un sistema de tratamiento de aguas residuales o sistemas alternativos que cumplan con la normatividad aplicable previo a la disposición de aguas residuales. En todos los casos, el drenaje pluvial y el sanitario deberán estar separados.* | El proyecto contempla **un sistema individual de tratamiento de aguas residuales** para una sola vivienda, integrado por **un biodigestor anaerobio complementado con un humedal de flujo horizontal**, garantizando el tratamiento adecuado previo a su infiltración.<br>Durante la etapa de construcción se utilizarán **baños portátiles** con manejo por parte de la empresa arrendadora.<br>El diseño de la vivienda considera **separación total entre aguas** |

| No. | Criterio | Vinculación |
|---|---|---|
| | | **pluviales y sanitarias**, cumpliendo con la normatividad aplicable.<br>Por lo anterior, el proyecto **cumple plenamente con este criterio**. |
| **2** | *Todo proyecto, obra o actividad que genere residuos sólidos urbanos (RSU), deberán contar con la infraestructura apropiada y con un programa de manejo integral para su recolección, tratamiento o disposición final, ya sea por cuenta propia, contratación de servicios especializados o a través de los servicios públicos municipales.* | El proyecto implementará un **Programa de Manejo de Residuos Sólidos Urbanos**, que considera separación, almacenamiento temporal y entrega a servicios municipales o empresa autorizada.<br>Durante la construcción y operación, los residuos serán recolectados y transportados para su disposición final conforme a la normatividad.<br>Con ello, **se cumple el criterio**. |
| **3** | *Todo proyecto, obra o actividad que generen residuos de manejo especial, deberán reportar su generación y estrategias de manejo a la dependencia estatal de conformidad con la Ley de Protección al Medio Ambiente del Estado de Yucatán.* | En la preparación del sitio, el material vegetal retirado será **triturado y reincorporado al suelo** como acolchado.<br>Los residuos de manejo especial generados durante la construcción serán almacenados temporalmente y retirados por **empresa autorizada**, presentándose los manifiestos correspondientes.<br>El proyecto, por su pequeña escala, genera cantidades mínimas y controlables.<br>**Cumple el criterio.** |
| **4** | *Todo proyecto, obra o actividad que requieran el abastecimiento de agua subterránea quedarán supeditas a que se demuestre que no se afecta la disponibilidad ni la calidad del agua del acuífero mediante la presentación estudios que determinen los niveles estáticos, la profundidad del manto salino, la velocidad de saturación del suelo, los flujos y el aforo de extracción de agua. Así mismo deberá indicar el número de pozos de extracción necesarios para el proyecto y su distribución en el predio, el volumen de agua requerido en m3/día y las velocidades de extracción en L/s de cada pozo.* | El proyecto **no contempla extracción de agua mediante pozos**.<br>El suministro se realizará mediante **captación de agua de lluvia** con almacenamiento en una cisterna de ~25,000 L, complementado en temporada seca con agua suministrada por pipas autorizadas.<br>Por lo anterior, **no aplica la exigencia de estudios hidrogeológicos** y el criterio se **cumple**. |
| **5** | *Todo proyecto, obra o actividad deberá determinar la presencia de oquedades, las cuales se deberán excluir de las áreas aprovechables con el objeto de reducir la vulnerabilidad ante derrumbes de zonas cavernosas.*<br>*Todo proyecto, obra o actividad deberá determinar la presencia de zonas inundables, las cuales se deberán excluir de las áreas aprovechables con el objeto de reducir la vulnerabilidad ante efectos climáticos.* | Durante los recorridos de campo realizados para el estudio, **no se identificaron oquedades ni zonas inundables** dentro del predio.<br>El proyecto mantiene además una **zona de conservación** que ocupa el 30.84% del predio como parte del diseño, proporcionando una franja adicional de seguridad ambiental.<br>**Se cumple con el criterio.** |
| **6** | *Los proyectos que incluyan la construcción de caminos, carreteras y estacionamientos deberán integrar un sistema de drenajes adecuados y suficientes que permitan el flujo natural del agua y considerar la viabilidad de utilizar materiales permeables para minimizar los impactos a la infiltración natural.* | El proyecto **no contempla la construcción de caminos, carreteras ni estacionamientos** adicionales.<br>Por la naturaleza del proyecto (una vivienda unifamiliar), **no aplica la construcción de infraestructura vial**, por lo que el criterio **no aplica**, aunque no se contraviene. |
| **7** | *Todo proyecto, obra o actividad que se pretenda realizar en terrenos que presenten vegetación forestal, deberán mantener los parches mejor conservados, fomentar la creación de franjas de* | La vegetación del predio corresponde a **matorral costero**, del cual se conservará una **zona continua de conservación** ubicada en la porción sur del predio.<br>Esta área mantiene conectividad funcional con la vegetación |

| No. | Criterio | Vinculación |
|---|---|---|
| | *vegetación para mejorar la conectividad, disminuir la fragmentación y funcionar como corredor biológico.* | colindante, evitando fragmentación y aportando continuidad ecológica.<br>**Cumple el criterio.** |
| **8** | *Todo proyecto, obra o actividad que requiera la realización de excavación como parte de su proceso construcción, deberá contemplar medidas de mitigación para reducir afectaciones por el material extraído, como puede ser su reutilización en las propias actividades constructivas.* | El proyecto contempla excavaciones menores asociadas a la cimentación y al sistema de tratamiento (biodigestor y humedal).<br>El material extraído se **reutilizará en rellenos y nivelación dentro del mismo predio**, siguiendo un procedimiento ordenado de acopio, acarreo y compactación.<br>Con ello, **se da cumplimiento al criterio**. |
| **9** | *Todo proyecto, obra o actividad deberá privilegiar su desarrollo en terrenos eriales y preferentemente forestales y en última instancia sobre terrenos forestales previa autorización de la autoridad competente.* | El predio presenta **matorral costero**, con áreas previamente modificadas por actividades previas.<br>El proyecto contempla **únicamente el desmonte estrictamente necesario** para la huella de la vivienda, conservando más del 30 % en estado natural.<br>Además, adicional a la presente Manifestación de Impacto Ambiental, se contempla el procedimiento de **Cambio de Uso de Suelo en Terrenos Forestales,** el cual, será tramitado conforme a la normatividad.<br>**Cumple el criterio.** |
| **10** | *Todo proyecto, obra o actividad que se pretenda desarrollar en un predio, deberá identificar y caracterizar los humedales (cenotes, poljes, uvalas, cuevas, grutas, humedales costeros) que se encuentren en su interior, con lo cual deberá establecer las medidas necesarias para evitar los impactos directos, indirectos o a distancia de la obra o actividad que causen la desecación o la sedimentación de los humedales. En el caso de vías de transporte (veredas, caminos, carreteras, red ferroviaria), se deberá evitar la alteración de la hidrodinámica natural, tanto superficial como subterránea.* | En el predio **no se identificaron humedales** (cenotes, poljes, uvalas, cuevas, humedales costeros, etc.).<br>El diseño de la vivienda no altera escurrimientos naturales ni la hidrodinámica superficial o subterránea.<br>**Cumple el criterio.** |
| **11** | *Todo proyecto, obra o actividad que extraigan agua salobre del acuífero subterráneo y requieran su desalinización para su uso, deberán presentar los estudios correspondientes que demuestren que no modificarán la integridad funcional de los ecosistemas y las características naturales de los acuíferos, considerando también la descarga de aguas de desecho.* | **No aplica.**<br>El proyecto **no extrae agua** del subsuelo ni contempla sistemas de desalinización.<br>Aun así, **no contraviene el criterio**. |
| **12** | *Todo proyecto, obra o actividad, deberá ubicar su sistema de tratamiento de aguas residuales en función del tipo de suelo y de la profundidad del acuífero, con el objeto de minimizar el riesgo que las aguas residuales fluyan al acuífero o a la superficie sin haber tenido un adecuado tratamiento. Asimismo, deberán asegurar la recolección periódica y disposición final adecuada de los lodos en caso de generarse.* | El proyecto contempla **un único sistema individual** de tratamiento de aguas residuales para una sola vivienda,<br>compuesto por:<br>• **Un biodigestor anaerobio**, y<br>• **Un humedal de flujo horizontal** como etapa secundaria–terciaria.<br>El sistema se ubica según:<br>• Tipo de suelo arenoso costero,<br>• Profundidad del acuífero, |

| No. | Criterio | Vinculación |
|---|---|---|
| | | • Separación adecuada de áreas sensibles.<br>Los lodos serán **retirados por empresa autorizada según mantenimiento programado**.<br>El drenaje sanitario y pluvial están completamente separados.<br>**Cumple el criterio cabalmente.**<br><br>El proyecto no requiere de un sistema de planta de tratamiento (PTAR), esto con lo estipulado en el artículo 152 del reglamento de la Ley de Desarrollo Inmobiliarios del estado de Yucatán, donde se manifiesta que en un rango de viviendas de 1 a 150 requieren de un sistema de Biodigestores y no una PTAR. |
| **13** | *Todo proyecto, obra o actividad deberá remitirse a los atlas de riesgos y peligros y demostrar que incorporan las medidas constructivas y operativas necesarias para disminuir la vulnerabilidad ante eventos hidrometeorológicos extremos y a los efectos del cambio climático. Entre dichas medidas se incluyen las siguientes:*<br>*a) Ubicar las obras y actividades en las zonas de menores niveles exposición.*<br>*b) Minimizar la fragmentación de ecosistemas naturales que brindan protección ante eventos hidrometeorológicos extremos.*<br>*c) Preservar la cobertura vegetal natural y la permeabilidad del suelo en los espacios no construidos.*<br>*d) Adaptar los caminos a la topografía del terreno.*<br>*e) Utilizar diseños y materiales que permitan el flujo de agua y sedimentos, así como la infiltración al subsuelo.*<br>*f) Disminuir posibles afectaciones a las estructuras de cavernas y formaciones geológicas.*<br>*j) Implementar diseños y estructuras constructivas que disminuyan la vulnerabilidad.* | El proyecto:<br>• Aprovecha solo **62.38 %** del predio.<br>• Conserva **30.84 %** en vegetación natural.<br>• Mantiene conectividad con la vegetación colindante.<br>• Se ubica en zona urbana consolidada.<br>• Mantiene permeabilidad del suelo en áreas no construidas.<br>• No afecta cavernas ni formaciones geológicas.<br>Por tanto, **cumple plenamente con el criterio.** |
| **14** | *Todo proyecto, obra o actividad deberá implementar medidas que favorezcan la recarga del acuífero. Estas medidas podrán incluir la recuperación del suelo, la construcción de pozos de absorción de agua de lluvia y/o la reforestación de áreas desmontadas o degradadas.* | El proyecto favorecerá la recarga natural mediante:<br>• Amplias áreas permeables conservadas,<br>• Uso de humedal de flujo horizontal (sistema verde de tratamiento),<br>• No impermeabilización excesiva del predio,<br>• Programas de rescate de flora y manejo ambiental.<br>Por ello, el proyecto **cumple este criterio**. |

**Tabla 17. Análisis vinculante con los criterios ambientales específicos para el uso "Asentamientos Humanos"**

| No. | CRITERIO | VINCULACIÓN |
|---|---|---|
| **1** | *Se supeditará la aprobación de proyectos de construcción y operación de desarrollos inmobiliarios, conjuntos habitacionales, fraccionamientos, lotes urbanizables, establecimientos de hospedaje turísticos e infraestructura urbana a la presentación de una estrategia dirigida a:*<br>*a) Minimizar la expansión urbana desordenada.* | El proyecto es **compatible** con este requisito. Al ser una vivienda unifamiliar en un predio ya contiguo a la mancha urbana, contribuye a la consolidación en lugar de la expansión dispersa. Las medidas previstas (30.84 % de área de conservación continua, tratamiento de aguas mediante **biodigestor + humedal de flujo horizontal**, captación de lluvia en cisterna ~25,000 L, y programa |

| No. | CRITERIO | VINCULACIÓN |
|---|---|---|
| | *b) Minimizar la vulnerabilidad específica del acuífero.*<br>*c) Prevenir la fragmentación de hábitats naturales.*<br>*d) Satisfacer la demanda de manejo de residuos sólidos y líquidos, y la dotación de servicios urbanos.* | de manejo de residuos) minimizan la vulnerabilidad del acuífero, evitan fragmentación y aseguran disposición y manejo de residuos y servicios básicos. Estas medidas forman la estrategia que condiciona la autorización del proyecto. |
| **2** | *Los proyectos de urbanización, establecimientos de hospedaje turísticos e infraestructura urbana deberán establecerse preferentemente en:*<br>*a) Vacíos urbanos de las áreas urbanas actuales.*<br>*b) Reservas territoriales definidas en los programas de desarrollo urbano; o*<br>*c) Áreas que aseguren el acceso a las redes de servicios públicos de drenaje y alcantarillado, manejo de residuos, energía eléctrica y comunicaciones.* | No aplica en sentido de vacíos o reservas; sin embargo, el predio **se ubica contiguo a la zona urbanizada y con acceso a la vialidad y energía**, lo que asegura conectividad a servicios (energía a pie de carretera) y evita generación de nuevos vacíos urbanos. |
| **3** | *Los proyectos de plantas desalinizadoras no podrán descargar sus aguas de rechazo en el suelo o cuerpos de agua, por lo que deberán contar con los medios necesarios para inyectarla al manto salino, considerando su concentración y volumen, de modo que se minimice el impacto ambiental.* | **No aplica.** El proyecto no contempla plantas desalinizadoras ni descargas de rechazo. |
| **4** | *Los proyectos de construcción y operación de desarrollos inmobiliarios y de turismo convencional que requieran consumo de agua, deberán contemplar medidas para la reducción del consumo como pueden ser captación de agua de lluvia, reuso de agua residual tratada (aguas grises) en riego de áreas verdes y otros usos que no requieran agua potable, instalación de sistemas ahorradores de agua, empleo de vegetación nativa con bajo requerimiento de agua en sus áreas verdes.* | Se implementará **captación de agua de lluvia** y almacenamiento en cisterna (~25,000 L). El diseño considera la posibilidad de reúso de aguas tratadas (aguas grises) en riego de áreas verdes mediante el humedal (agua pulida apta para riego no potable) y uso de vegetación nativa de bajo requerimiento hídrico en las áreas ajardinadas. Se emplearán dispositivos ahorradores según normatividad. Con ello se cumple el criterio. |
| **5** | *Los asentamientos humanos (vivienda, fraccionamientos, servicios, etc) deberán mantener los humedales libres de obras de edificación, con el objeto de mantener sus procesos hidrodinámicos naturales.* | **No se identificaron humedales** en el predio; por tanto, no se ejecutarán edificaciones sobre humedales y se mantiene la protección de cualquier elemento hídrico cercano. El diseño respeta la hidrodinámica natural. |
| **6** | *Se deberán mantener libres de obras, temporales o permanentes, las dunas incipientes o embrionarias y las dunas en estuarios, con el objeto de evitar la afectación a integridad funcional del sistema playa-duna costera.* | **No aplica**: el proyecto no se localiza sobre dunas incipientes ni en estuario. La implantación se sitúa detrás del primer cordón dunario conforme a lo indicado. |
| **7** | *El aprovechamiento de las zonas colindantes a las playas se restringirá a instalaciones piloteadas (tipo palafito o andadores) de madera o materiales degradables, las cuales deberán ser ubicadas detrás de la cara posterior del primer cordón de duna, evitando la ocupación de la corona o cresta de la misma.*<br>*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.*<br>*Las dunas que formen barreras o diques que interrumpan el drenaje se excluirán para la construcción de instalaciones de edificaciones por ser zonas de vulnerables a inundaciones.* | El proyecto está **ubicado detrás del primer cordón de dunas** y **no contempla instalaciones sobre la playa**. Cualquier elemento de acceso o andador se proyectará en materiales compatibles y degradables si fuera necesario y respetando el alineamiento y la distancia indicada por la normatividad costera. En la práctica, no se planean obras en la corona dunaria ni en la playa. |
| **8** | *Se considera la playa como zona potencial de anidación de tortugas marinas y se deberán adoptar las medidas precautorias señaladas en la normativa aplicable, incluyendo:*<br>*a) Conservar la vegetación nativa y restringir la introducción de especies exóticas en el hábitat de anidación.* | Se adoptarán medidas preventivas en la franja costera colindante: **no instalar iluminación que incida sobre la playa en temporada de anidación; colocar letreros informativos; delimitar el área de trabajo; evitar tránsito vehicular en playa; manejo estricto de residuos; fomentar regeneración natural de vegetación; coordinar acciones con CONANP/autoridades locales**. Estas |

| No. | CRITERIO | VINCULACIÓN |
|---|---|---|
| | *b) Propiciar la regeneración natural de la comunidad vegetal nativa y el mantenimiento de la dinámica de acumulación de arena del hábitat de anidación. c) Retirar de la playa cualquier objeto movible que tenga la capacidad de atrapar, enredar o impedir el paso de las tortugas anidadoras y sus crías durante la temporada de anidación. d) Reorientar, modificar o desinstalar cualquier 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. e) Implementar el uso de luminarias direccionales o provistas de mamparas o capuchas, focos de bajo voltaje (40 watts) o lámparas fluorescentes compactas de luminosidad equivalente, y fuentes de luz de coloración amarilla o roja, (tales como las lámparas de vapor de sodio de baja presión) que disminuyan los impactos por la iluminación nocturna de la playa. f) Prohibir el tránsito vehicular particular o recreativo en la playa durante la temporada de anidación. g) Vigilar que los animales domésticos No perturben o lastimen las hembras, las nidadas y las crías. h) Vigilar los niveles de ruido de fuentes antropogénicas en las playas de anidación para que no sobrepase el nivel establecido en la norma. i) El manejo de las tortugas marinas solo podrá realizarlo el personal que acredite estar capacitado.* | medidas están incluidas en las condiciones operativas del proyecto y asegura la protección de tortugas marinas. |
| **9** | *La construcción de edificaciones permanentes en dunas terciarias se restringirá a las zonas consolidadas, detrás de las crestas de la duna. Para asegurar la resiliencia del sistema de dunas, la orientación, tipo y densidad de las edificaciones deberá minimizar la superficie de choque del viento y sujetarse a la capacidad de carga del sistema, y se deberá minimizar la pérdida de conectividad de hábitat mediante corredores biológicos.* | El proyecto **se ubica detrás de la cresta del primer cordón de dunas** en área consolidada; su orientación y tipología (vivienda ligera, baja huella) minimizan impacto eólico y preservan conectividad, cumpliendo el criterio. |
| **10** | *Se deberán excluir las playas y las dunas como sitios aptos para la disposición de los residuos (arenas y sedimentos) del dragado de canales de puertos, bocas de lagunas y lagunas costeras.* | **No se dispondrán residuos de dragado ni sedimentos** en playa o dunas colindantes; el manejo de cualquier material se realizará fuera de la ZOFEMAT y conforme a las disposiciones aplicables. |
| **11** | *La construcción y operación de todo desarrollo que requiera suministro de energía eléctrica (incluyendo conjuntos habitacionales, fraccionamientos, establecimientos de hospedaje turísticos, oficinas, plazas comerciales, industria) deberán privilegiar la implementación de diseños bioclimáticos y la utilización de tecnologías para la optimización del consumo de energía asociada a la iluminación, los electrodomésticos y la ventilación y el aire acondicionado. Asimismo, se recomienda presentar un programa de generación de energías limpias para satisfacer al menos el 10% de su consumo energético, conforme a las disposiciones normativas aplicables.* | El proyecto prioriza **diseño bioclimático** (ventilación cruzada, orientación solar), tecnologías ahorradoras (sanitarios y grifos eficientes, luminarias LED de bajo consumo) y se incorporará **un programa de generación renovable** (paneles fotovoltaicos) para cubrir **al menos 10%** del consumo energético estimado, en línea con la recomendación del criterio. |
| **12** | *La construcción y operación de infraestructura residencial, comercial, o turística en la zona costera deberá mantener entradas y pasos libres y bien definidos para que la población tenga acceso a las playas y la zona federal marítimo terrestre.* | Se **mantendrán pasos de acceso público** a la playa desde la vialidad, garantizando entradas libres y bien definidas conforme a la regulación de ZOFEMAT y respeto al dominio público. |

| No. | CRITERIO | VINCULACIÓN |
|---|---|---|
| **13** | *Los conjuntos habitacionales, fraccionamientos, lotes urbanizables, establecimientos de hospedaje turístico e infraestructura urbana, deberán remitirse a los atlas de riesgos o peligros estatal y municipal vigentes para evitar que se desarrollen en ubicaciones inapropiadas, las cuales incluyen:*<br>*a) Zonas de aluviones naturales recientes, profundos o superficiales.*<br>*b) Relleno artificiales en barrancos, humedales y terraplenes o en general terrenos no consolidados, inestables con agrietamientos y sensibles a asentamientos diferenciales o hundimientos.*<br>*c) Áreas susceptibles a derrumbes o deslizamientos, sobresaturación hidráulica, sobrepeso, o movimientos vibratorios.*<br>*d) Áreas por debajo del nivel máximo de mareas.*<br>*e) Áreas susceptibles a inundación.*<br>*f) Bancos de materiales abandonados.*<br>*g) Áreas elevadas que al ser deforestadas generan escurrimientos que agravan inundaciones en zonas bajas.* | El proyecto fue comparado con **atlas de riesgos y cartografía** (riesgo natural y antrópico) y **no se localiza en zonas de riesgo** señaladas (no está en rellenos inestables, ni en la cota de máxima marea, ni en áreas susceptibles de inundación o aluvión). Se consideraron y aplicaron todas las especificaciones y distancias preventivas; por tanto, cumple este criterio. |
| **14** | *Los desarrollos inmobiliarios (condominio, fraccionamiento o subdivisión) solo se podrán establecer en terrenos que no cuenten con una cobertura forestal o se consideren como preferentemente forestales..* | **No aplica**: el proyecto **no es un desarrollo inmobiliario** (no fraccionamiento ni condominio), es una vivienda unifamiliar; por tanto, el criterio de restricción para desarrollos inmobiliarios no resulta aplicable. |
| **15** | *Los asentamientos humanos rurales existentes están sujetos al crecimiento natural de su población y sus necesidades de vivienda, servicios e infraestructura, dentro de zonas que sean potencialmente urbanizables y fuera de zonas de riesgo.* | **No aplica**: el proyecto no se encuadra como asentamiento rural en crecimiento poblacional; es una vivienda en área urbana contigua y fuera de zonas de riesgo, por lo que no contraviene el criterio. |

### III.2.4. Programa De Ordenamiento Ecológico Marino Y Regional Del Golfo De México Y Mar Caribe (POEMyRGMyMC)

El **Programa de Ordenamiento Ecológico Marino y Regional del Golfo de México y Mar Caribe (POEMyRGMyMC)** constituye un instrumento de política ambiental de carácter regional que orienta el uso, aprovechamiento y conservación de los ecosistemas marino–costeros dentro de una escala espacial amplia, abarcando tanto ambientes oceánicos como plataformas costeras del litoral del Golfo de México. Su finalidad es asegurar la integridad ecológica del sistema marino-costero mediante la regulación de actividades humanas y el establecimiento de Unidades de Gestión Ambiental (UGA) con políticas diferenciadas.

Aunque este instrumento posee un carácter regional y orienta actividades de mayor escala —como pesca, navegación, infraestructura costera, manejo portuario, aprovechamientos turísticos de gran extensión o actividades susceptibles de afectar ecosistemas marinos—, **el predio del proyecto "Casa Flores", ubicado en Sisal, Yucatán, se encuentra dentro del ámbito terrestre comprendido por las UGA 96 y 171**, de modo que, aun tratándose de una **vivienda unifamiliar**, resulta necesario analizar su congruencia con los criterios ecológicos definidos para dichas UGA.

Es importante señalar que, **en materia de jerarquía normativa**, para este sitio prevalece de manera directa el **POETCY (Programa de Ordenamiento Ecológico Territorial Costero del Estado de Yucatán)**, dado que es el instrumento específico y operativo que rige el territorio costero estatal. No obstante, el **POEMyRGMyMC** complementa el marco regulatorio aportando lineamientos ambientales a escala regional que deben ser

considerados como referencia para asegurar la compatibilidad del proyecto con los objetivos de protección del sistema marino-costero del Golfo de México.

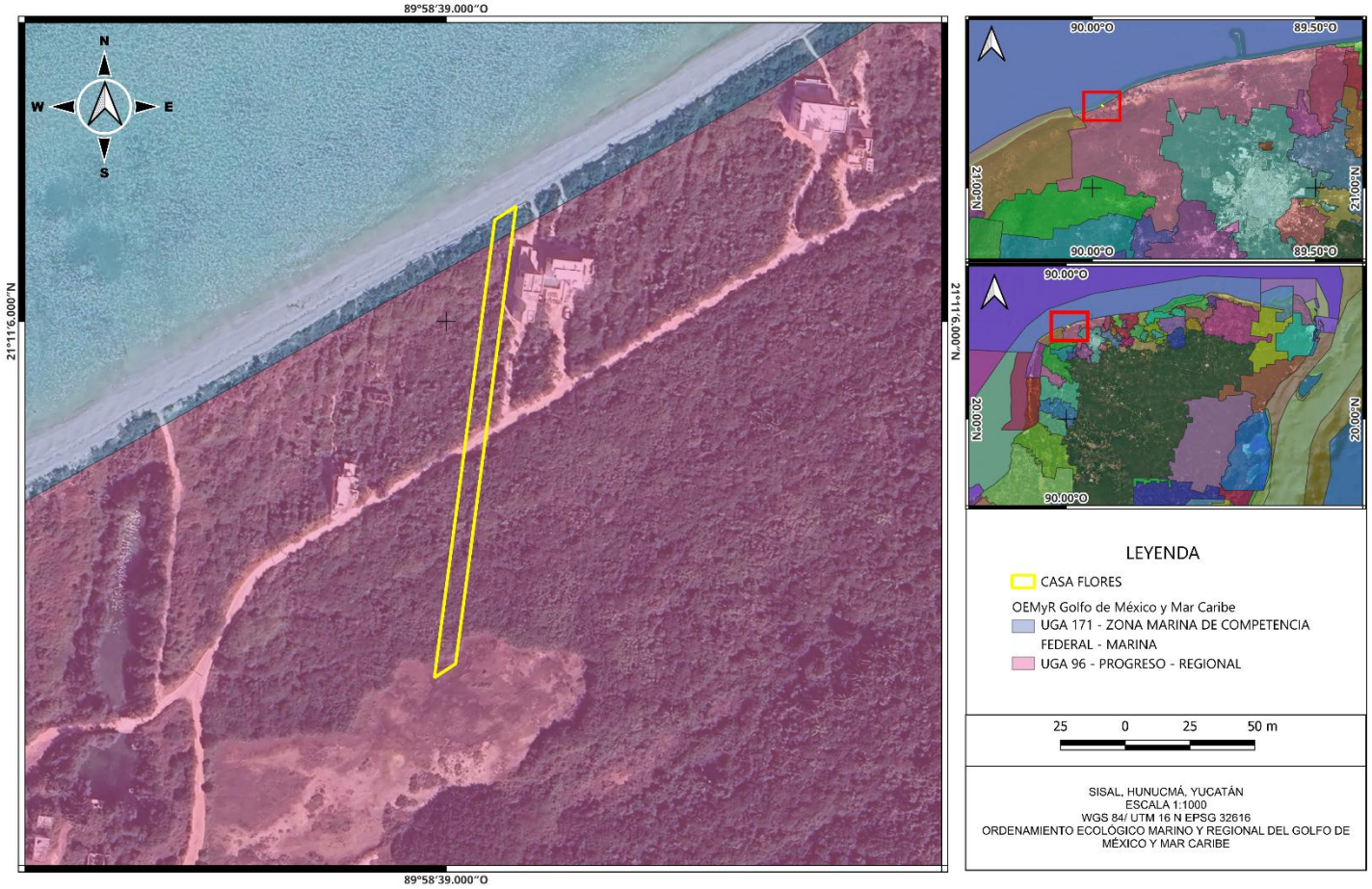



**Figura 6. Situación del predio del proyecto en función a las UGAs del POEMyRGMyMC**

En este contexto, la vinculación con el POEMyRGMyMC se presenta para demostrar que **la construcción y operación de una vivienda unifamiliar**, de baja escala, con sistemas integrados de manejo ambiental (biodigestor y humedal de flujo horizontal, manejo de residuos, eficiencia energética y respeto a la duna y la playa), **no contraviene las políticas ecológicas definidas para las UGA 96 y 171**, y que sus impactos son mínimos, completamente controlables y compatibles con los lineamientos ambientales del programa.

Es importante hacer mención que a las UGAs que nos ocupan les aplica también los criterios de la Zona Inmediata del Canal de Yucatán, el cual, en sus criterios de relevancia dice que *"Dado que los pastos marinos representan importantes ecosistemas para la fauna marina, debe promoverse su conservación y preservación, por lo que se debe evitar su afectación y pérdida en caso de alguna actividad o proyecto. En todo caso, los estudios de impacto ambiental de obras y actividades en esta zona, deberán considerar estudios que demuestren la no afectación y pérdida de estos ecosistemas".* Por ello, será necesario realizar la caracterización marina del sitio para declarar todas las medidas de mitigación en caso de posibles afectaciones.

**Tabla 18. Análisis vinculante con los criterios generales aplicables**

| No. | Acción (criterio) | Aplicación | Vinculación (Proyecto Casa Flores) |
|---|---|---|---|
| **G001** | *Promover el uso de tecnologías y prácticas de manejo para el uso eficiente del agua en coordinación con la CONAGUA y demás autoridades competentes.* | Aplicable | Se incorporarán tecnologías de ahorro (grifos ahorradores, inodoros de bajo consumo, dispositivos reducidos en duchas). Además, se prioriza captación de agua de lluvia y reúso de aguas tratadas para riego mediante el humedal. |
| **G002** | *Promover el establecimiento del pago por servicios ambientales hídricos en coordinación con la CONAGUA y las demás autoridades competentes.* | No aplica al promovente | Acción de política pública; no corresponde al proyecto. Se reconoce la posibilidad de que la autoridad implemente PSE; el proyecto no obstaculiza dicha medida. |
| **G003** | *Impulsar y apoyar la creación de UMA para evitar el comercio de especies de extracción y sustituirla por especies de producción.* | No aplica | El proyecto no implica aprovechamiento comercial de flora/fauna. Se promoverá rescate y reubicación de individuos nativos durante obras. |
| **G004** | *Instrumentar o en su caso reforzar las campañas de vigilancia y control de las actividades extractivas de flora y fauna silvestre, particularmente para las especies registradas en la Norma Oficial Mexicana, Protección ambiental-Especies Nativas de México de Flora y Fauna Silvestre-Categoría de Riesgo y Especificaciones para su Inclusión, Exclusión o Cambio-Lista de Especies en Riesgo (NOM-059-SEMARNAT-2010).* | No aplica | No hay aprovechamiento; el promovente colaborará denunciando y evitando extracción ilegal y promoviendo rescates. |
| **G005** | *Establecer bancos de germoplasma, conforme a la legislación aplicable.* | No aplica | A escala del proyecto no es viable |
| **G006** | *Reducir la emisión de gases de efecto invernadero.* | Aplicable | Emisiones temporales por maquinaria/vehículos serán minimizadas (mantenimiento, uso eficiente). No hay fuentes fijas importantes. |
| **G007** | *Fortalecer los programas económicos de apoyo para el establecimiento de metas voluntarias para la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero y comercio de Bonos de Carbono.* | No aplica | Corresponde a programas mayores; el proyecto puede en el futuro participar en acciones de reforestación en áreas conservadas. |
| **G008** | *El uso de Organismos Genéticamente Modificados debe realizarse conforme a la legislación vigente.* | No aplica | No se utilizarán OGM. |
| **G009** | *Planificar las acciones de construcción de infraestructura, en particular la de comunicaciones terrestres para evitar la fragmentación del hábitat.* | No aplica | No se construyen infraestructuras de comunicaciones terrestres que fragmenten; el diseño mantiene conectividad con vegetación colindante. |
| **G010** | *Instrumentar campañas y mecanismos para la reutilización de áreas agropecuarias para evitar su expansión hacia áreas naturales.* | No aplica | Acción de escala municipal/regional; no aplica al proyecto. |
| **G011** | *Instrumentar medidas de control para minimizar las afectaciones producidas a los ecosistemas costeros por efecto de las actividades humanas.* | Aplicable | Se implementan medidas preventivas (no ocupación de playa, conservación de primer cordón dunar, manejo de residuos, biodigestor+humedal) para minimizar impactos costeros. |
| **G012** | *Impulsar la ubicación o reubicación de parques industriales en sitios ya perturbados o de escaso valor ambiental.* | No aplica | Proyecto no industrial. |
| **G013** | *Evitar la introducción de especies potencialmente invasoras en o cerca de las coberturas vegetales nativas.* | Aplicable | No se introducirán especies exóticas; las áreas verdes favorecerán especies nativas. |
| **G014** | *Promover la reforestación en los márgenes de los ríos.* | No aplica | No colinda con ríos. |

| No. | Acción (criterio) | Aplicación | Vinculación (Proyecto Casa Flores) |
|---|---|---|---|
| **G015** | *Evitar el asentamiento de zonas industriales o humanas en los márgenes o zonas inmediatas a los cauces naturales de los ríos.* | No aplica | No aplica; predio no en márgenes. |
| **G016** | *Reforestar las laderas de las montañas con vegetación nativa de la región.* | No aplica | No hay montañas en el área. |
| **G017** | *Desincentivar las actividades agrícolas en las zonas con pendientes mayores a 50%.* | No aplica | No es actividad agrícola. |
| **G018** | *Recuperar la vegetación que consolide las márgenes de los cauces naturales en el ASO, de conformidad por lo dispuesto en la Ley de Aguas Nacionales, la Ley General de Vida Silvestre y demás disposiciones jurídicas aplicables.* | No aplica | No aplica (no hay cauces); en caso de ser necesario sí se realizará reforestación con especies de duna en áreas verdes. |
| **G019** | *Los planes o programas de desarrollo urbano del área sujeta a ordenamiento deberán tomar en cuenta el contenido de este Programa de Ordenamiento, incluyendo las disposiciones aplicables sobre riesgo frente a cambio climático en los asentamientos humanos.* | Aplicable a autoridades | El proyecto no crea PDUs; su diseño considera riesgo climático y medidas de adaptación. |
| **G020** | *Recuperar y mantener la vegetación natural en las riberas de los ríos y zonas inundables asociadas a ellos.* | No aplica | No hay riberas o zonas inundables en predio. |
| **G021** | *Promover las tecnologías productivas en sustitución de las extractivas.* | No aplica | No productivo. |
| **G022** | *Promover el uso de tecnologías productivas intensivas en sustitución de las extensivas.* | No aplica | No productivo. |
| **G023** | *Implementar campañas de control de especies que puedan convertirse en plagas.* | Aplicable | El promovente implementará medidas de manejo integrado en áreas verdes; coordinará campañas municipales si aplica. |
| **G024** | *Promover la realización de acciones de forestación y reforestación con restauración de suelos para incrementar el potencial de sumideros forestales de carbono, como medida de mitigación y adaptación de efectos de cambio climático.* | Aplicable | Se plantea reforestación en claros del área de conservación con especies nativas para incrementar sumidero y resiliencia. |
| **G025** | *Fomentar el uso de especies nativas que posean una alta tolerancia a parámetros ambientales cambiantes para las actividades productivas.* | No aplica | No productivo. |
| **G026** | *Identificar las áreas importantes para el mantenimiento de la conectividad ambiental en gradientes altitudinales y promover su conservación (o rehabilitación).* | No aplica | Zona plana costera; sin gradientes altitudinales relevantes. |
| **G027** | *Promover el uso de combustibles de no origen fósil.* | Aplicable como política | El promovente considerará opciones (bombas solares, paneles) y priorizará equipos eficientes; promoción queda a autoridades. |
| **G028** | *Promover el uso de energías renovables.* | Aplicable | Se incorporará un sistema fotovoltaico para cubrir al menos parte del consumo (objetivo ≥10%). |
| **G029** | *Promover un aprovechamiento sustentable de la energía.* | Aplicable | Se instalarán equipos y luminarias eficientes; diseño bioclimático reduce consumo. |
| **G030** | *Fomentar la producción y uso de equipos energéticamente más eficientes.* | Aplicable | Se promoverá uso de electrodomésticos y sistemas eficientes. |
| **G031** | *Promover la sustitución a combustibles limpios, en los casos en que sea posible, por otros que emitan menos contaminantes que contribuyan al calentamiento global.* | Aplicable en lo posible | Se fomentará uso de combustibles menos contaminantes en mantenimiento/maquinaria (cuando sea viable). |
| **G032** | *Promover la generación y uso de energía a partir de hidrógeno.* | No aplica | Requiere escala mayor; no incluido. |

| No. | Acción (criterio) | Aplicación | Vinculación (Proyecto Casa Flores) |
|---|---|---|---|
| **G033** | *Promover la investigación y desarrollo en tecnologías limpias.* | No aplica | No corresponde al alcance del proyecto. |
| **G034** | *Impulsar la reducción del consumo de energía de viviendas y edificaciones a través de la implementación de diseños bioclimático, el uso de nuevos materiales y de tecnologías limpias.* | Aplicable | El diseño adoptará criterios bioclimáticos (orientación, ventilación, materiales locales) para reducir demanda. |
| **G035** | *Establecer medidas que incrementen la eficiencia energética de las instalaciones domésticas existentes.* | No aplica | No hay instalaciones existentes previas a intervenir. |
| **G036** | *Establecer medidas que incrementen la eficiencia energética de las instalaciones industriales existentes.* | No aplica | No industrial. |
| **G037** | *Elaborar modelos (sistemas mundiales de zonificación agro-ecológica) que permitan evaluar la sostenibilidad de la producción de cultivos; en diferentes condiciones del suelo, climáticas y del terreno.* | No aplica | No agropecuario. |
| **G038** | *Evaluar la potencialidad del suelo para la captura de carbono.* | Aplicable | Se considerará la evaluación para áreas de conservación, con posibilidad de incluir medidas de secuestro en futura fase. |
| **G039** | *Promover y fortalecer la formulación e instrumentación de los ordenamientos ecológicos locales en el ASO.* | No aplica al promovente | Es competencia de autoridades; el proyecto no impide ni contradice esta acción. |
| **G040** | *Fomentar la participación de las industrias en el Programa Nacional de Auditoría Ambiental.* | No aplica | No corresponde al proyecto. |
| **G041** | *Fomentar la elaboración de Programas de Desarrollo Urbano en los principales centros de población de los municipios.* | No aplica al promovente | Corresponde a autoridades. |
| **G042** | *Fomentar la inclusión de las industrias de todo tipo en el Registro de Emisión y Transferencia de Contaminantes (RETC) y promover el Sistema de Información de Sitios Contaminados en el marco del Programa Nacional de Restauración de Sitios Contaminados.* | No aplica | Proyecto residencial. |
| **G043** | *LA SEMARNAT, considerará el contenido aplicable de este Programa. En su participación para la actualización de la Carta Nacional Pesquera, Asimismo, lo considerará en las medidas tendientes a la protección de quelonios, mamíferos marinos y especies bajo un estado especial de protección, que dicte de conformidad con la Ley General de Pesca y Acuacultura Sustentable.* | No aplica | No hay actividad pesquera; el proyecto adopta medidas de protección de tortugas (ver criterios costeros). |
| **G044** | *Contribuir a la construcción y reforzamiento de las cadenas productivas y de comercialización interna y externa de las especies pesqueras.* | No aplica | No corresponde. |
| **G045** | *Consolidar el servicio de transporte público en las localidades nodales.* | No aplica | Política pública; el proyecto no interfiere. |
| **G046** | *Fomentar la ampliación o construcción de infraestructuras que liberen tránsito de paso, corredores congestionados y mejore el servicio de transporte.* | No aplica | Competencia pública municipal/estatal. |
| **G047** | *Impulsar la diversificación de actividades productivas.* | No aplica | Política pública. |
| **G048** | *Instrumentar y apoyar campañas para la prevención ante la eventualidad de desastres naturales.* | Aplicable | Se contará con plan interno de protección civil y brigadas para emergencias (proyecto alineado con Ley General de Protección Civil). |
| **G049** | *Fortalecer la creación o consolidación de los comités de protección civil.* | Aplicable | Promovente apoyará integración/participación en comités locales si procede. |

| No. | Acción (criterio) | Aplicación | Vinculación (Proyecto Casa Flores) |
|---|---|---|---|
| **G050** | *Promover que las construcciones de las casas habitación sean resistentes a eventos hidrometeorológicos.* | Aplicable | Cada constructor/propietario deberá cumplir normas de edificación sismo–hidromet. Diseño y materiales locales se orientan a resiliencia. |
| **G051** | *Realizar campañas de concientización sobre el manejo adecuado de residuos sólidos urbanos.* | Aplicable | Se implementará programa local de gestión de residuos y campañas informativas para ocupantes/visitantes. |
| **G052** | *Implementar campañas de limpieza, particularmente en asentamientos suburbanos y urbanos (descacharrización, limpieza de solares, separación de basura, etc.).* | Aplicable | Promovente implementará campañas periódicas (descacharrización, separación) durante operación. |
| **G053** | *Instrumentar programas y mecanismos de reutilización de las aguas residuales tratadas.* | Aplicable | Aguas tratadas por biodigestor+humedal se usarán para riego no potable de áreas verdes/ajardinadas. |
| **G054** | *Promover en el sector industrial la instalación y operación adecuada de plantas de tratamiento para sus descargas.* | No aplica | No industrial. |
| **G055** | *La remoción parcial o total de vegetación forestal para el cambio de uso de suelo en terrenos forestales, o para el aprovechamiento de recursos maderables en terrenos forestales y preferentemente forestales, sólo podrá llevarse a cabo de conformidad con la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable y demás disposiciones jurídicas aplicables.* | Aplicable | El promovente tramitará Cambio de Uso de Suelo en Terrenos Forestales (CUSFT) antes de intervención (880.77 $m^2$), cumpliendo requisitos legales. |
| **G056** | *Promover e impulsar la construcción y adecuada operación de sitios de disposición final de residuos sólidos urbanos, peligrosos o de manejo especial de acuerdo a la normatividad vigente.* | No aplica al promovente | Corresponde a autoridades; el proyecto contratará servicio autorizado para disposición de residuos. |
| **G057** | *Promover los estudios sobre los problemas de salud relacionados con los efectos del cambio climático.* | No aplica | Competencia de autoridades de salud. |
| **G058** | *La gestión de residuos peligrosos deberá realizarse conforme a lo establecido por la legislación vigente y los lineamientos de la CICOPLAFEST que resulten aplicables.* | Aplicable | Si se generaran residuos peligrosos en obra, se gestionarán conforme a normativa (manifiestos, empresas autorizadas). |
| **G059** | *El desarrollo de infraestructura dentro de un ANP, deberá ser consistente con la legislación aplicable, el Programa de Manejo y el Decreto de creación correspondiente.* | No aplica | Predio no en ANP. |
| **G060** | *Ubicar la construcción de infraestructura costera en sitios donde se minimice el impacto sobre la vegetación acuática sumergida.* | No aplica | No infraestructura sumergida; sin embargo, no se realizan descargas marinas. |
| **G061** | *La construcción de infraestructura costera se deberá realizar con procesos y materiales que minimicen la contaminación del ambiente marino.* | Aplicable | Materiales autorizados; no intervención en playa; gestión adecuada de residuos y control de escurrimientos. |
| **G062** | *Implementar procesos de mejora de la actividad agropecuaria y aplicar mejores prácticas de manejo.* | No aplica | No agropecuario. |
| **G063** | *Promover la elaboración de ordenamientos pesqueros y acuícolas a diferentes escalas y su vinculación con los ordenamientos ecológicos.* | No aplica al promovente | Corresponde a autoridades. |
| **G064** | *La construcción de carreteras, caminos, puentes o vías férreas deberá evitar modificaciones en el comportamiento hidrológico de los flujos subterráneos o superficiales o atender dichas modificaciones en caso de que sean inevitables.* | No aplica | Proyecto no construye infraestructura vial que modifique hidrología. |

| No. | Acción (criterio) | Aplicación | Vinculación (Proyecto Casa Flores) |
|---|---|---|---|
| **G065** | *La realización de obras y actividades en Áreas Naturales Protegidas, deberá contar con la opinión de la Dirección del ANP o en su caso de la Dirección Regional que corresponda, conforme lo establecido en el Decreto y Programa de Manejo del área respectiva.* | No aplica | Predio no en ANP. |

**Tabla 19. Criterios específicos para la UGA 96 Y 171**

| CLAVE | ACCIÓN ESPECÍFICA | VINCULACIÓN DEL PROYECTO |
|---|---|---|
| **A001** | Fortalecer mecanismos para el control de la comercialización y uso de agroquímicos y pesticidas. | **No aplica.** El proyecto no contempla el uso de agroquímicos ni pesticidas. |
| **A002** | Capacitación para manejo adecuado de agroquímicos y pesticidas. | **No aplica.** El proyecto no utiliza agroquímicos. |
| **A003** | Fomentar uso de fertilizantes orgánicos y abonos verdes. | **No aplica.** No se utilizarán fertilizantes. |
| **A005** | Reducir pérdida de agua durante su distribución. | El proyecto adoptará sistemas de uso eficiente del agua. |
| **A006** | Captación de agua de lluvia y uso de aguas grises. | **Cumple.** Se contará con cisterna de 25,000 L para captación pluvial; las aguas grises del biodigestor se reutilizarán en riego. |
| **A007** | Áreas destinadas voluntariamente a la conservación. | El proyecto mantiene un área de conservación en el sur del predio. |
| **A008** | Evitar actividades humanas en playas de anidación de tortugas. | **No aplica.** El proyecto no contempla actividades en playa; se integrará un Programa de Conservación de Tortugas Marinas. |
| **A009** | Fortalecer inspección y vigilancia en zonas de tortugas. | Se integrarán actividades de vigilancia en el Programa de Conservación de Tortugas Marinas. |
| **A010** | Apoyo económico a actividades de conservación de tortugas marinas. | Se contactará a la autoridad competente para colaboración. |
| **A011** | Restauración y recuperación de cobertura vegetal original. | El proyecto contempla áreas de conservación y áreas ajardinadas. |
| **A012** | Preservación de dunas costeras ubicando infraestructura detrás del cordón dunar. | El proyecto **no afecta** el cordón de dunas. |
| **A013** | Evitar introducción de especies invasoras por actividades marítimas. | No se introducen especies; se notificará a la autoridad si se detectan invasoras. |
| **A014** | Restauración de manglares y humedales. | **No aplica.** No existe manglar en el predio. |
| **A015** | Reubicar infraestructura ubicada sobre dunas arenosas. | **No aplica.** El proyecto no se construye sobre dunas. |
| **A016** | Establecer corredores biológicos entre ANP. | **No aplica.** El proyecto no se ubica en ANP. |
| **A017** | Restauración de zonas degradadas. | Se ejecutará un programa de rescate de flora y reforestación con nativas. |
| **A018** | Protección y recuperación de especies en riesgo (NOM-059). | Se registró *Thrinax radiata* en el área CUSTF; será incluida en rescate y reubicación. |
| **A019** | Programas de remediación conforme a LGPGIR. | Se contratará empresa especializada para manejo de residuos en todas las etapas. |
| **A020** | Manejo de caña en verde para reducir emisiones. | **No aplica.** No es proyecto agrícola. |
| **A021** | Control de emisiones y descargas en zonas urbanas/industriales. | Se revisará periódicamente la maquinaria para minimizar emisiones. |
| **A022** | Remediación de zonas costeras afectadas por hidrocarburos. | **No aplica.** El proyecto no afecta áreas marinas. |
| **A023** | Medidas preventivas y correctivas para contaminación del suelo. | Se revisará la maquinaria para minimizar riesgos de derrames. |
| **A024** | Tecnologías para reducir GEI y partículas. | Revisión constante de maquinaria durante la construcción. |
| **A025** | Gestión adecuada de residuos peligrosos en industria. | Acción propia de autoridades. |
| **A026** | Uso de tecnologías limpias en industrias. | Se contemplan paneles solares y tecnologías de bajo impacto. |
| **A027** | Minimizar superficie ocupada por infraestructura en playas. | **No aplica.** No se construirá en la playa. |

| CLAVE | ACCIÓN ESPECÍFICA | VINCULACIÓN DEL PROYECTO |
|---|---|---|
| **A028** | Infraestructura en dunas sin afectar su estructura. | **No aplica.** No se construye en dunas. |
| **A029** | Preservar perfil costero y patrones naturales de corrientes. | **No aplica.** El proyecto no afecta costa ni corrientes. |
| **A030** | Tecnologías constructivas que minimicen afectación costera. | **No aplica.** No hay obras costeras. |
| **A031** | Preservar características naturales de barras arenosas. | **No aplica.** No hay intervención en barras arenosas. |
| **A032** | Mantener características naturales de playas y dunas. | **No aplica.** El proyecto no se ubica en playa ni duna. |
| **A033** | Aprovechamiento de energía eólica. | No requiere energía eólica; la zona tiene aves migratorias. |
| **A037** | Generación de energía solar. | El proyecto instalará paneles solares para reducir consumo energético. |
| **A038** | Uso de residuos agrícolas para energía. | **No aplica.** No es proyecto agrícola. |
| **A039** | Reducir agroquímicos sintéticos. | **No aplica.** No se usarán agroquímicos. |
| **A040** | Sustitución de pesca extractiva por acuicultura. | **No aplica.** No es proyecto acuícola. |
| **A044** | Diversificar especies en explotación pesquera. | **No aplica.** El proyecto no es pesquero. |
| **A045** | Uso de fauna de acompañamiento para harinas. | No se contempla uso de fauna. |
| **A046** | Control de residuos de embarcaciones. | **No aplica.** El proyecto no involucra embarcaciones. |
| **A048** | Ajustar flotas pesqueras a capacidades de poblaciones. | **No aplica.** No es proyecto pesquero. |
| **A049** | Infraestructura portuaria para pesca/turismo de embarcaciones menores. | **No aplica.** |
| **A050** | Promover PDU y conurbación. | **No aplica.** El proyecto no desarrolla instrumentos de planeación. |
| **A051** | Construcción de caminos rurales. | **No aplica.** |
| **A052** | Uso sostenible de la tierra agropecuaria o forestal. | **No aplica.** |
| **A053** | Desincentivar actividades productivas extensivas. | **No aplica.** |
| **A054** | Sustituir tecnologías extensivas por intensivas. | Se instalará biodigestor y paneles solares. |
| **A055** | Coordinación de programas de apoyo agropecuario. | Acción de autoridades. |
| **A056** | Cultivos aptos a condiciones ambientales cambiantes. | **No aplica.** |
| **A057** | Evitar urbanización en zonas de riesgo e inundación. | **No aplica.** El proyecto no está en zona de riesgo. |
| **A058** | Reubicar personas de zonas de riesgo. | **No aplica.** |
| **A059** | Equipamiento básico en localidades estratégicas. | Acción de autoridades. |
| **A060** | Sistemas de alerta temprana ante eventos extremos. | **No aplica.** |
| **A061** | Mejorar viviendas y equipamiento social. | **No aplica.** |
| **A062** | Manejo adecuado de residuos peligrosos. | Se contratará empresa autorizada para su manejo integral. |
| **A063** | Nuevas plantas de tratamiento municipales. | Acción de autoridades. El proyecto instalará biodigestor propio. |
| **A064** | Conectar viviendas a sistema municipal de aguas residuales. | Acción de autoridades. |
| **A065** | Recuperación de suelos con lodos inactivados. | Los lodos del biodigestor se reincorporarán en áreas ajardinadas. |
| **A066** | Incrementar capacidad de tratamiento terciario. | El biodigestor tendrá capacidad suficiente para la operación. |
| **A067** | Mayor captación de agua pluvial en zonas urbanas/turísticas. | Se contempla captación pluvial con cisterna de 25,000 L. |
| **A068** | Manejo integral de residuos para evitar impacto en mar. | **No aplica.** El proyecto no colinda con zona costera. |
| **A069** | Tratamiento y disposición de residuos sólidos para evitar disposición en el mar. | Se contratará empresa autorizada para manejo y transporte. |
| **A070** | Campañas de colecta de residuos en zona costera. | **No aplica.** |
| **A071** | Coordinación turismo–conservación para minimizar impactos. | El proyecto fomentará alianzas estratégicas de bajo impacto. |
| **A073** | Infraestructura portuaria para turismo con embarcaciones >500 TRB. | Acción de autoridades. |
| **A074** | Infraestructura portuaria comercial de gran tamaño. | **No aplica.** |

| CLAVE | ACCIÓN ESPECÍFICA | VINCULACIÓN DEL PROYECTO |
|---|---|---|
| **A075** | Infraestructura carretera minimizando afectación ecológica. | **No aplica.** |
| **A077** | Infraestructura aeroportuaria minimizando afectación ecológica. | **No aplica.** |

### III.2.5. Sitios RAMSAR

Los humedales son zonas en donde el agua es el principal factor que controla el ambiente, así como la vegetación y fauna asociada. Existen en donde la capa freática se encuentra en o cerca de la superficie del terreno o donde el terreno está cubierto por agua.

Los humedales representan ecosistemas estratégicos y de gran importancia para la conservación de la biodiversidad y el bienestar de las comunidades humanas, por lo que es necesario llevar a cabo acciones que aseguren el mantenimiento de sus características ecológicas. Los atributos y las funciones de los humedales son fundamentales para el equilibrio ecológico y ambiental global, ya que son el hábitat de muchas especies de fauna y flora, y elementos vitales en la estructura ecosistémica, sociocultural y económica de las naciones del mundo. Se contabiliza hasta el 2 de febrero de 2014 que la CONANP atiende 142 sitios Ramsar.

El sitio del proyecto **se encuentra fuera de sitios RAMSAR**.

### III.2.6. Áreas de Importancia para la Conservación de Aves (AICAs)

El proyecto **Casa Flores** se ubica dentro del Área de Importancia para la Conservación de las Aves (AICA) **"Ría Celestún"**, reconocida por la CONABIO como un sitio prioritario para la protección de aves acuáticas, playeras y migratorias, particularmente ***Phoenicopterus ruber*** (flamenco rosado), así como para la conservación de ecosistemas costeros asociados como dunas, humedales y manglares.

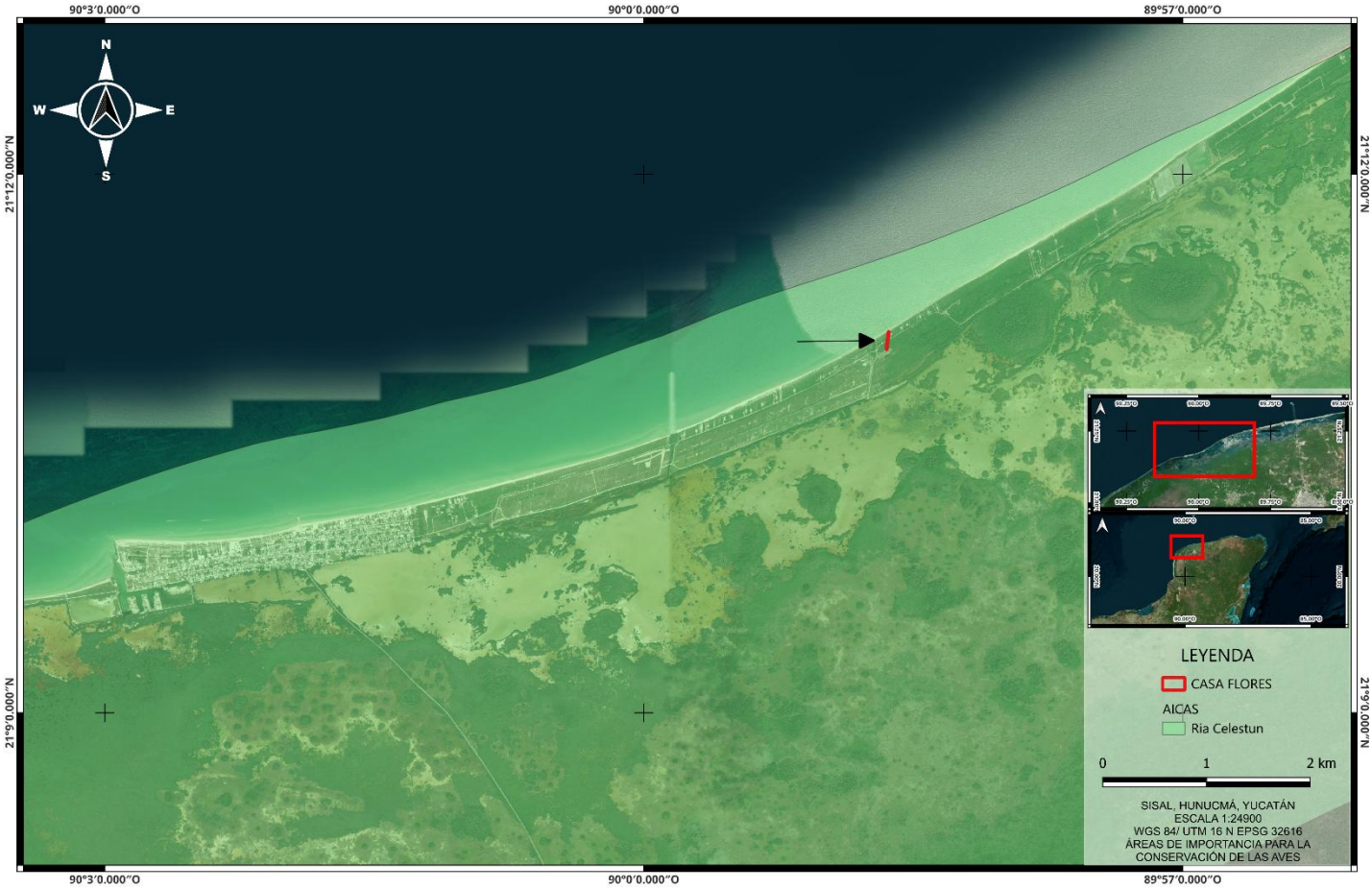



**Figura 7. Situación espacial del predio en función a las Áreas de Importancia para la Conservación de las Aves**

Si bien las AICA no constituyen una categoría jurídica de protección, sí representan un **criterio técnico ambiental de referencia** para asegurar que los proyectos no comprometan la funcionalidad ecológica de los hábitats críticos.

A continuación, se presenta la vinculación y las **medidas específicas que permiten garantizar la conservación de los valores ambientales del AICA**:

1.- El proyecto no contempla cambio de uso de suelo en áreas con vegetación de importancia (como de manglares) ni afectación de dunas o humedales, lo cual es congruente con la función del AICA de conservar los hábitats utilizados por la avifauna. Por lo que el proyecto promueve la delimitación física del área sin intervención mediante **estacas, cinta plástica y señalética ambiental**, evitando ingreso de personal, maquinaria o materiales y la prohibición expresa de **despalme, remoción de vegetación, rellenos, excavaciones o compactación** en dicha zona.

2.- Las especies del AICA, especialmente flamencos y aves playeras, son sensibles al disturbio humano; por ello se requiere mantener niveles bajos de perturbación. Por lo que el proyecto promueve un horario de obra restringido a 08:00–17:00 h, evitando actividades de alto ruido al amanecer y atardecer, cuando las aves utilizan zonas de alimentación y descanso.

3.- En las AICA costeras, la iluminación artificial mal dirigida altera patrones de conducta, navegación y ciclos de alimentación de aves migratorias. El proyecto promueve la instalación de luminarias que minimicen dispersión lumínica, apagado programado de iluminación exterior a las 23:00 h, manteniendo únicamente luz de seguridad puntual y prohibición de reflectores hacia dunas o zonas naturales.

4.- La degradación del sitio (basura, residuos orgánicos) altera las dinámicas de especies oportunistas y reduce la aptitud del hábitat para aves acuáticas. Por lo que el proyecto promueve la ejecución de un Programa de Manejo de Residuos sólidos Urbanos.

5.- Elementos constructivos que sobresalen o cristales de ventanas reflejantes pueden alterar la percepción del paisaje costero y generar disturbios visuales a especies sensibles. Por lo que el proyecto promueve: alturas constructivas que no rebasan la línea visual dominante del entorno (entre 9 y 10 metros), uso de colores y materiales neutros que se integran al paisaje costero y el uso de vegetación nativa de porte bajo para restablecer continuidad visual sin afectar dunas.

6.- Para garantizar la compatibilidad del proyecto con los objetivos del AICA se requiere demostrar cumplimiento durante obras y operación. Por lo que el proyecto promueve: Uso de bitácora ambiental durante la obra y verificación de delimitación y no intervención del área de conservación

### III.2.7. Corredor Biológico Mesoamericano

El Corredor Biológico Mesoamericano (CBM) es un instrumento regional de conservación y manejo del territorio que busca mantener la **conectividad ecológica**, el flujo genético y la integridad de ecosistemas estratégicos en Mesoamérica. En México, el CBM es coordinado por CONABIO y por instituciones ambientales federales, quienes reconocen distintas **áreas focales** y **zonas de transición** para orientar acciones de conservación, restauración, regulación del uso del suelo y manejo sustentable.

El predio donde se propone el proyecto **Casa Flores**, ubicado en Sisal, se encuentra dentro de dos unidades del CBM:

- **Área Focal Hunucmá**: identificada como una zona prioritaria para la conservación de ecosistemas costeros y de humedales, la movilidad de fauna silvestre y la protección de aves acuáticas.
- **Zona de Transición del CBM**: espacio donde se permiten actividades humanas siempre y cuando mantengan la conectividad y la funcionalidad ecológica del paisaje.

Aunque el CBM **no posee un carácter regulatorio obligatorio**, sí constituye un **referente técnico** que SEMARNAT emplea para evaluar la compatibilidad ambiental de los proyectos y la necesidad de medidas de conservación adicional.

El área focal está compuesta por humedales, dunas costeras, matorrales costeros y parches de vegetación que funcionan como corredores para aves, mamíferos pequeños, reptiles y especies de interés especial. Es una zona crítica para la conectividad entre **Ría Celestún – Sisal – El Palmar**. Por lo que el proyecto no contempla **cambio de uso de suelo ni remoción de vegetación relevante para la conservación como comunidades de manglar o de matorral de duna costera en estado de conservación**, se localiza dentro de la matriz antrópica de Sisal, en un entorno ya transformado, reduciendo su potencial de fragmentación adicional, no afecta cuerpos

de agua, humedales, manglares ni rutas críticas de movilidad de avifauna y mantiene la integridad del área de conservación mediante **delimitación física estricta**, evitando intrusión a zonas sensibles.

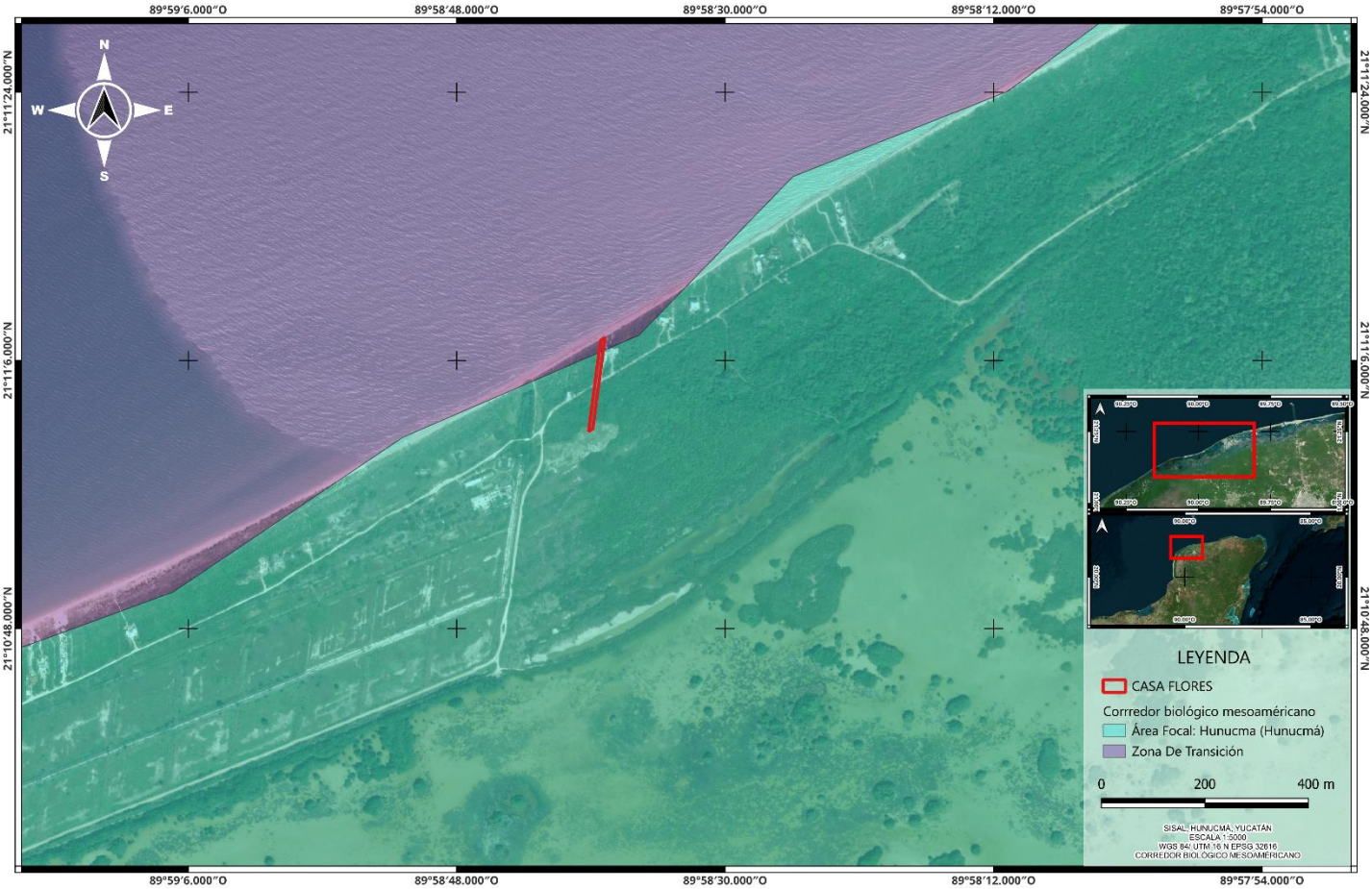



**Figura 8. Situación espacial del proyecto en función al Corredor Biológico Mesoamericano**

Las zonas de transición del CBM permiten actividades productivas o de infraestructura **siempre que mantengan la capacidad del paisaje para permitir movilidad de especies y procesos ecológicos**. Son áreas amortiguadoras entre zonas núcleo y áreas de uso humano. Por lo que el proyecto: Se desarrolla en un predio ubicado **dentro de una zona ya urbanizada**, por lo que no implica expansión de la frontera urbana hacia ecosistemas naturales, no genera barreras físicas ni lineales que impidan el desplazamiento de fauna pequeña o aves, no modifica ecosistemas conectores críticos como dunas, manglares o humedales y es de escala menor y no representa un elemento de fragmentación biológica en el paisaje costero.

## III.3. Instrumentos jurídicos: leyes y reglamentos

### III.3.1. Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA) - Última Reforma DOF 01-04-2024.

| Instrumento Normativo | Vinculación con el Proyecto |
|---|---|
| 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 establecidos en las disposiciones aplicables para proteger el ambiente y preservar y restaurar los ecosistemas, a fin de evitar o reducir al mínimo sus efectos negativos sobre el medio ambiente. Para ello, en los casos en 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:<br>IX. Desarrollos inmobiliarios que afecten los ecosistemas costeros; | *El proyecto Casa Flores se somete al procedimiento de MIA en cumplimiento estricto del artículo 28, presentando la descripción del sitio, las obras propuestas, los impactos identificados y las medidas necesarias para evitar, mitigar y compensar los posibles efectos sobre los ecosistemas costeros. Con ello, el promovente garantiza que la Secretaría establezca las condiciones ambientales bajo las cuales se desarrollará el proyecto.* |
| ARTÍCULO 29.- Los efectos negativos que sobre el ambiente, los recursos naturales, la flora y la fauna silvestre y demás recursos a que se refiere esta Ley, pudieran causar las obras o actividades de competencia federal que no requieran someterse al procedimiento de evaluación de impacto ambiental a que se refiere la presente sección, estarán sujetas en lo conducente a las disposiciones de la misma, sus reglamentos, las normas oficiales mexicanas en materia ambiental, la legislación sobre recursos naturales que resulte aplicable, así como a través de los permisos, licencias, autorizaciones y concesiones que conforme a dicha normatividad se requiera. | *Las acciones del proyecto se ajustan a lo dispuesto en la LGEEPA, sus reglamentos, las NOM ambientales y demás legislación aplicable.*<br>*El proyecto integra:*<br>• *manejo de residuos,*<br>• *control de emisiones,*<br>• *medidas de protección de flora y fauna,*<br>• *prevención de contaminación del agua y suelo,*<br>• *cumplimiento de límites de ruido y luz.*<br>*Todo ello asegura que las actividades no rebasen los límites permitidos por la regulación.* |
| ARTÍCULO 30.- Para obtener la autorización a que se refiere el artículo 28 de esta Ley, los interesados deberán presentar a la Secretaría una manifestación de impacto ambiental, la cual deberá contener, por lo menos, una descripción de los posibles efectos en el o los ecosistemas que pudieran ser afectados por la obra o actividad de que se trate, considerando el conjunto de los elementos que conforman dichos ecosistemas, así como las medidas preventivas, de mitigación y las demás necesarias para evitar y reducir al mínimo los efectos negativos sobre el ambiente. | *La MIA de Casa Flores cumple con lo establecido en el artículo 30 al incorporar:*<br>• *descripción detallada del sitio y del ecosistema costero presente en el área de influencia,*<br>• *caracterización ambiental previa,*<br>• *identificación, predicción y evaluación de impactos ambientales,*<br>• *medidas preventivas, de mitigación y de compensación,*<br>• *programa de monitoreo y seguimiento ambiental.* |

| Instrumento Normativo | Vinculación con el Proyecto |
|---|---|
| | *De este modo, la MIA aporta los elementos técnicos necesarios para que SEMARNAT evalúe el proyecto.* |
| ARTICULO 35 BIS 1.- Las personas que presten servicios de impacto ambiental, serán responsables ante la Secretaría de los informes preventivos, manifestaciones de impacto ambiental y estudios de riesgo que elaboren, quienes declararán bajo protesta de decir verdad que en ellos se incorporan las mejores técnicas y metodologías existentes, así como la información y medidas de prevención y mitigación más efectivas. | *Los estudios incorporados en la MIA se elaboran bajo protesta de decir verdad y con base en métodos actualizados y aceptados por la comunidad científica. La información, medidas y análisis cumplen con las mejores técnicas disponibles conforme a la LGEEPA.* |
| ARTICULO BIS 3.- Cuando las obras o actividades señaladas en el artículo 28 de esta Ley requieran, además de la autorización en materia de impacto ambiental, contar con autorización de inicio de obra; se deberá verificar que el responsable cuente con la autorización de impacto ambiental expedida en términos de lo dispuesto en este ordenamiento.<br>Asimismo, la Secretaría, a solicitud del promovente, integrará a la autorización en materia de impacto ambiental, los demás permisos, licencias y autorizaciones de su competencia, que se requieran para la realización de las obras y actividades a que se refiere este artículo. | *El promovente no iniciará obra alguna hasta contar con la autorización en materia de impacto ambiental y demás permisos federales aplicables. En su caso, solicitará la integración de autorizaciones adicionales conforme a lo dispuesto por este artículo, garantizando seguridad jurídica y cumplimiento ambiental.* |
| ARTÍCULO 79.- Para la preservación y aprovechamiento sustentable de la flora y fauna silvestre, se considerarán los siguientes criterios:<br>I.- La preservación de la biodiversidad y del hábitat natural de las especies de flora y fauna que se encuentran en el territorio nacional y en las zonas donde la nación ejerce su soberanía y jurisdicción;<br>III.- La preservación de las especies endémicas, amenazadas, en peligro de extinción o sujetas a protección especial;<br>VIII.- El fomento del trato digno y respetuoso a las especies animales, con el propósito de evitar la crueldad en contra de éstas. | *El proyecto incorpora medidas orientadas a:*<br>• *proteger la biodiversidad del área,*<br>• *evitar afectación a especies en categoría de riesgo,*<br>• *implementar rescate y reubicación de fauna si fuera necesario,*<br>• *capacitar al personal en manejo de fauna silvestre,*<br>• *garantizar trato digno a los organismos durante la ejecución del proyecto.*<br>*Estas acciones cumplen con los criterios establecidos para la protección biológica.* |
| ARTÍCULO 98.- Para la preservación y aprovechamiento sustentable del suelo se considerarán los siguientes criterios:<br>I. El uso del suelo debe ser compatible con su vocación natural y no debe alterar el equilibrio de los ecosistemas;<br>II. El uso de los suelos debe hacerse de manera que éstos mantengan su integridad física y su capacidad productiva. | *El diseño del proyecto considera la vocación natural del terreno y adopta medidas para evitar erosión, compactación y degradación del suelo. Las actividades constructivas serán controladas para mantener la integridad física del sustrato y conservar su funcionalidad ambiental.* |

| Instrumento Normativo | Vinculación con el Proyecto |
|---|---|
| ARTÍCULO 110.- Para la protección a la atmósfera se considerarán los siguientes criterios:<br>II. Las emisiones de contaminantes de la atmósfera, sean de fuentes artificiales o naturales, fijas o móviles, deben ser reducidas y controladas, para asegurar una calidad del aire satisfactoria para el bienestar de la población y el equilibrio ecológico. | *El proyecto contempla:*<br>• *control de emisiones de polvo en la etapa de obra,*<br>• *mantenimiento de maquinaria para evitar emisiones excesivas,*<br>• *prohibición de quemas,*<br>• *reducción de olores y emisiones fugitivas.*<br>*Con estas medidas se asegura que las emisiones no excedan los límites permitidos.* |
| ARTÍCULO 117.- Para la prevención y control de la contaminación del agua se considerarán los siguientes criterios:<br>I. La prevención y control de la contaminación del agua, es fundamental para evitar que se reduzca su disponibilidad y para proteger los ecosistemas del país;<br>IV. Las aguas residuales de origen urbano deben recibir tratamiento previo a su descarga en ríos, cuencas, vasos, aguas marinas y demás depósitos o corrientes de agua, incluyendo las aguas del subsuelo. | *El proyecto prevé que:*<br>• *ningún residuo, sedimento o contaminante generado en la obra alcance cuerpos de agua, escurrimientos superficiales o infiltración no controlada,*<br>• *las aguas residuales de operación sean tratadas antes de su descarga o disposición,*<br>• *se evite riesgo de contaminación del acuífero.*<br>*Esto cumple las disposiciones del artículo 117 para garantizar la disponibilidad y calidad del recurso hídrico.* |
| ARTÍCULO 136.- Los residuos que se acumulen o puedan acumularse y se depositen o infiltren en los suelos deberán reunir las condiciones necesarias para prevenir o evitar:<br>I. La contaminación del suelo;<br>II. Las alteraciones nocivas en el proceso biológico de los suelos;<br>III.- Las alteraciones en el suelo que perjudiquen su aprovechamiento, uso o explotación, y<br>IV. Riesgos y problemas de salud. | *La generación de residuos sólidos, vegetales o de construcción será gestionada en sitios autorizados, evitando su disposición directa sobre el suelo. Se implementa un programa de manejo de residuos para prevenir la contaminación y mantener los procesos ecológicos del suelo.* |
| ARTÍCULO 155.- Quedan prohibidas las emisiones de ruido, vibraciones, energía térmica y lumínica y la generación de contaminación visual, en cuanto rebasen los límites máximos establecidos en las normas oficiales mexicanas que para ese efecto expida la Secretaría, considerando los valores de concentración máxima permisibles para el ser humano de contaminantes en el ambiente que determine la Secretaría de Salud. Las autoridades federales o locales, según su esfera de competencia, adoptarán las medidas para impedir que se transgredan dichos límites y en su caso, aplicarán las sanciones correspondientes.<br>En la construcción de obras o instalaciones que generen energía térmica o lumínica, ruido o vibraciones, así como en la operación o funcionamiento de las existentes deberán llevarse a cabo acciones preventivas y correctivas | *El proyecto se desarrollará cumpliendo los límites máximos establecidos en normas oficiales mexicanas.*<br>*Se aplicarán medidas como:*<br>• *horarios de trabajo diurnos,*<br>• *uso de maquinaria silenciosa cuando sea posible,*<br>• *control de vibraciones,*<br>• *iluminación direccionada y de baja intensidad para evitar intrusión lumínica.*<br>*Estas acciones previenen efectos nocivos sobre el equilibrio ecológico y la calidad de vida.* |

| Instrumento Normativo | Vinculación con el Proyecto |
|---|---|
| para evitar los efectos nocivos de tales contaminantes en el equilibrio ecológico y el ambiente. | |

### III.3.1.1. Reglamento de Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA) en Materia de Impacto Ambiental

***Artículo 5o.-*** *Quienes pretendan llevar a cabo alguna de las siguientes obras o actividades, requerirán previamente la autorización de la Secretaría en materia de impacto ambiental:*

*Q) DESARROLLOS INMOBILIARIOS QUE AFECTEN LOS ECOSISTEMAS COSTEROS:*

*Construcción y operación de hoteles, condominios, villas, desarrollos habitacionales y urbanos, restaurantes, instalaciones de comercio y servicios.*

…

**VINCULACIÓN**

El **Proyecto Casa Flores**, al constituirse como un desarrollo habitacional ubicado dentro de la zona costera de Sisal, se enmarca en la categoría señalada en el artículo 5º, fracción Q, por lo que **correctamente ingresa al procedimiento de Evaluación de Impacto Ambiental en su modalidad MIA-Particular**. Con ello, el promovente **cumple** con la obligación jurídica de someter el proyecto a dictamen previo de la SEMARNAT.
Asimismo, el proyecto demuestra alineamiento con este instrumento normativo mediante los siguientes elementos:

**1. Prevención de impactos sobre ecosistemas costeros**
El proyecto considera medidas específicas que **evitan la afectación directa o indirecta** de ecosistemas como duna costera, vegetación halófita, cuerpos lagunares y fauna asociada, atendiendo a lo que exige el Reglamento para autorizar desarrollos en zonas ambientalmente sensibles:

- Delimitación física del área del proyecto mediante **mojón, cercado temporal o señalética**, que impide la invasión hacia áreas externas.
- Respeto absoluto de la vegetación existente fuera del polígono impactado.
- Prohibición de actividades de relleno sobre cuerpos de agua, humedales o zonas susceptibles de inundación.
- Manejo responsable de residuos de construcción y residuos sólidos urbanos.

**2. Justificación de compatibilidad del proyecto con su entorno**
El Reglamento exige que, previo a dictaminar un desarrollo costero, se evalúe su **compatibilidad ecológica y territorial**. El proyecto demuestra esta compatibilidad mediante:

- Implantación del desarrollo **dentro de un predio previamente antropizado**, sin extensión hacia ambientes naturales contiguos.
- Diseño arquitectónico de baja densidad y baja huella ecológica.
- Integración de áreas permeables y medidas de infiltración que mantienen la funcionalidad hidrológica del sitio.

**3. Medidas de prevención y mitigación obligatorias en ecosistemas costeros**
El artículo 5º implica que los desarrollos inmobiliarios costeros deben prever **medidas especiales**, las cuales el proyecto incorpora:

- Control de escorrentías y sedimentos durante la etapa de obra, evitando arrastre hacia zonas naturales.
- Evitar maquinaria pesada fuera del área autorizada.
- Prohibición de tala o remoción fuera de los límites del proyecto.

- Programa de manejo de residuos peligrosos y materiales de obra conforme a NOM-052, NOM-053 y NOM-054.
- Programa de protección a fauna durante la obra.

**4. Seguimiento y cumplimiento**

El Reglamento establece obligaciones posteriores a la autorización, que el proyecto declara cumplir:

- Implementación de un **Programa de Vigilancia Ambiental** que dé seguimiento a todas las medidas preventivas y de mitigación.
- Entrega de informes periódicos a la SEMARNAT.
- Ajuste inmediato de actividades en caso de detectarse impactos no previstos.

### III.3.1.2. Reglamento de Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA) en Materia de Prevención y Control de Contaminación a la Atmósfera

***Artículo 13.-*** *Para la protección a la atmósfera se considerarán los siguientes criterios:*

*I.- La calidad del aire debe ser satisfactoria en todos los asentamientos humanos y las regiones del país; y*

*II.- Las emisiones de contaminantes a la atmósfera, sean de fuentes artificiales o naturales, fijas o móviles, deben ser reducidas o controladas, para asegurar una calidad del aire satisfactoria para el bienestar de la población y el equilibrio ecológico.*

**VINCULACIÓN**

El proyecto demuestra cumplimiento al integrar en su diseño y ejecución un conjunto de medidas orientadas a **prevenir la emisión de contaminantes atmosféricos** durante las etapas de construcción y operación:
**Cumplimiento:**

**1. Control de emisiones por maquinaria y vehículos**

- Solo se empleará maquinaria en buen estado mecánico y con mantenimiento vigente para evitar emisiones excesivas de diésel y combustión incompleta.
- Se limita el uso de vehículos pesados al mínimo indispensable.

**2. Reducción de emisiones fugitivas de polvo durante la obra**

- Humectación puntual del área de trabajo cuando se realicen actividades de excavación o movimiento de material.
- El material de construcción susceptible a generar polvos (arena, grava, cal) será manejado y almacenado bajo cubierta o con protección lateral.
- Se delimita y compacta el área de tránsito para evitar resuspensión innecesaria.

**3. Equipos y procesos de baja emisión**

- Uso de mezclas preelaboradas para concreto o mortero cuando sea posible, reduciendo procesos de mezcla en sitio.
- Sistemas de ventilación natural durante la operación de la vivienda, evitando sistemas que generen emisiones o calor residual excesivo.

**4. Prevención durante la etapa operativa**

- No se contempla ninguna fuente fija de combustión (calderas, generadores permanentes, hornos, etc.).
- El proyecto es residencial y su operación no genera emisiones más allá de niveles típicos de uso doméstico de baja intensidad.

Con estas medidas, el proyecto **garantiza que no deteriora la calidad del aire** en su entorno y que sus emisiones se encuentran en niveles bajos y controlados, cumpliendo el espíritu del Artículo 13.

### III.3.2. Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos – Última reforma DOF 08/05/2023

***Artículo 18.-*** *Los residuos sólidos urbanos podrán subclasificarse en orgánicos e inorgánicos con objeto de facilitar su separación primaria y secundaria, de conformidad con los Programas Estatales y Municipales para la Prevención y la Gestión Integral de los Residuos, así como con los ordenamientos legales aplicables.*

**VINCULACIÓN**

**CUMPLE.** El proyecto no genera residuos sólidos urbanos en grandes volúmenes; sin embargo, durante la etapa de obra se realizará la separación primaria de residuos (orgánicos e inorgánicos) y su manejo conforme a los lineamientos establecidos para los Residuos Sólidos del municipio de Hunucmá. Se implementarán contenedores diferenciados y se garantizará su traslado a los sitios autorizados por la autoridad municipal.

***Artículo 19.-*** *Los residuos de manejo especial se clasifican como se indica a continuación, salvo cuando se trate de residuos considerados como peligrosos en esta Ley y en las normas oficiales mexicanas correspondientes:*

**VINCULACIÓN**

**CUMPLE.** Durante las actividades de obra se generarán residuos de construcción en volúmenes menores (escombros, madera, residuos de mezcla). Estos serán manejados como residuos de manejo especial, acopiados temporalmente dentro del sitio y trasladados a un sitio autorizado por el municipio o por un gestor certificado, evitando su dispersión o depósito en zonas naturales.

### III.3.3. Ley General de Vida Silvestre – Última reforma DOF 16/07/2025

***Artículo 4o.*** *Es deber de todos los habitantes del país conservar la vida silvestre; queda prohibido cualquier acto que implique su destrucción, daño o perturbación, en perjuicio de los intereses de la Nación.*

*Los propietarios o legítimos poseedores de los predios en donde se distribuye la vida silvestre, tendrán derechos de aprovechamiento sustentable sobre sus ejemplares, partes y derivados en los términos prescritos en la presente Ley y demás disposiciones aplicables.*

*Los derechos sobre los recursos genéticos estarán sujetos a los tratados internacionales y a las disposiciones sobre la materia.*

**VINCULACIÓN**

**CUMPLE.** El proyecto consiste en rehabilitación de infraestructura existente (palapas, plataformas y andador) sin ampliación ni remoción de vegetación nativa, por lo que no se generan afectaciones directas a la vida silvestre. Se

implementarán medidas preventivas, como horarios de trabajo restringidos y supervisión ambiental, para evitar perturbación a fauna local (aves, reptiles, mamíferos de paso).

***Artículo 18.*** *Los propietarios y legítimos poseedores de predios en donde se distribuye la vida silvestre, tendrán el derecho a realizar su aprovechamiento sustentable y la obligación de contribuir a conservar el hábitat conforme a lo establecido en la presente Ley; asimismo podrán transferir esta prerrogativa a terceros, conservando el derecho a participar de los beneficios que se deriven de dicho aprovechamiento.*

*Los propietarios y legítimos poseedores de dichos predios, así como los terceros que realicen el aprovechamiento, serán responsables solidarios de los efectos negativos que éste pudiera tener para la conservación de la vida silvestre y su hábitat.*

**VINCULACIÓN**

**CUMPLE.** El proyecto no implica aprovechamiento extractivo de vida silvestre. Por el contrario, su objetivo (centro de interpretación ambiental) promueve la conservación, educación ambiental y sensibilización sobre duna costera, manglar, laguna y pastos marinos. La obra contribuye a mejorar las condiciones para actividades de bajo impacto que promueven la conservación del hábitat.

**Artículo 27 Bis.-** No se permitirá la liberación o introducción a los hábitats y ecosistemas naturales de especies exóticas invasoras.

La Secretaría determinará dentro de normas oficiales mexicanas y/o acuerdos secretariales las listas de especies exóticas invasoras. Las listas respectivas serán revisadas y actualizadas cada 3 años o antes si se presenta información suficiente para la inclusión de alguna especie o población. Las listas y sus actualizaciones indicarán el género, la especie y, en su caso, la subespecie y serán publicadas en el Diario Oficial de la Federación y en la Gaceta Ecológica.

Asimismo, expedirá las normas oficiales mexicanas y/o acuerdos secretariales relativos a la prevención de la entrada de especies exóticas invasoras, así como el manejo, control y erradicación de aquéllas que ya se encuentren establecidas en el país o en los casos de introducción fortuita, accidental o ilegal.

**VINCULACIÓN**

**CUMPLE.** El proyecto no considera introducción ni manejo de especies, ornamentales o para actividades recreativas. No se utilizarán especies exóticas en la rehabilitación, ni se liberará fauna. Se informará al personal y visitantes sobre la importancia de no introducir organismos ajenos al ecosistema costero.

### III.3.4. Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable – Última reforma DOF 01/04/2024

***ARTÍCULO 93.*** *La Secretaría solo podrá autorizar el cambio de uso de suelo en terrenos forestales por excepción, previa opinión técnica de los miembros del Consejo Estatal Forestal de que se trate y con base en los estudios técnicos justificativos cuyo contenido se establecerá en el Reglamento, los cuales demuestren que la biodiversidad de los ecosistemas que se verán afectados se mantenga, y que la erosión de los suelos, la capacidad de almacenamiento de carbono, el deterioro de la calidad del agua o la disminución en su captación se mitiguen en las áreas afectadas por la remoción de la vegetación forestal.*

*En las autorizaciones de cambio de uso de suelo en terrenos forestales, la Secretaría deberá dar respuesta debidamente fundada y motivada a las opiniones técnicas emitidas por los miembros del Consejo Estatal Forestal de que se trate.*

*Las autorizaciones que se emitan deberán integrar un programa de rescate y reubicación de especies de la flora y fauna afectadas y su adaptación al nuevo hábitat conforme se establezca en el Reglamento.*

*Dichas autorizaciones deberán sujetarse a lo que, en su caso, dispongan los programas de ordenamientos ecológicos correspondientes, las Normas Oficiales Mexicanas y demás disposiciones legales y reglamentarias aplicables.*

*Tratándose de terrenos ubicados en territorios indígenas, la autorización de cambio de uso de suelo además deberá acompañarse de medidas de consulta previa, libre, informada, culturalmente adecuada y de buena fe, en los términos de la legislación aplicable. Para ello, la Secretaría se coordinará con el Instituto Nacional de los Pueblos Indígenas.*

**VINCULACIÓN**

**CUMPLE.** El Proyecto Casa Flores se ubica en terrenos forestales, por lo que requiere gestionar la autorización de **Cambio de Uso de Suelo en Terrenos Forestales (CUSF)** ante SEMARNAT. Se ingresará de manera paralela a la MIA un **Estudio Técnico Justificativo (ETJ)** que documenta: (1) las características de la vegetación y biodiversidad a afectar; (2) la valoración de impactos en suelo, carbono y escurrimientos; (3) medidas de mitigación; y (4) el cumplimiento del POETCY y demás instrumentos aplicables. El proyecto también integrará un **Programa de Rescate y Reubicación de Flora y Fauna** conforme al Reglamento. Por la ubicación del predio, **no se encuentran territorios indígenas**, por lo que no aplica la consulta indígena.

***ARTÍCULO 98.*** *Los interesados en el cambio de uso de suelo en terrenos forestales, deberán comprobar que realizaron el depósito ante el Fondo Forestal Mexicano, por concepto de compensación ambiental, para que se lleven a cabo acciones de restauración de los ecosistemas que se afecten, preferentemente dentro de la cuenca hidrográfica en donde se ubique la autorización del proyecto, en los términos y condiciones que establezca el Reglamento.*

**VINCULACIÓN**

**CUMPLE.** Al tramitar el CUSF, el Proyecto Casa Flores deberá realizar la **compensación ambiental correspondiente** mediante depósito en el Fondo Forestal Mexicano. El cálculo de compensación se establecerá en el ETJ, de acuerdo con el tipo de vegetación, superficie a desmontar y criterios técnico-normativos del Reglamento Forestal. El promovente manifiesta su disposición a cumplir íntegramente con esta obligación.

### III.3.5. Ley de Aguas Nacionales – Última reforma DOF 08/05/2023

***ARTÍCULO 86 BIS 2****. 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.*

**VINCULACIÓN**

**CUMPLE.** El Proyecto Casa Flores no contempla descargas ni depósito de materiales, residuos o lodos en cuerpos de agua o zonas federales. Durante la fase de construcción, los residuos sólidos, materiales de obra y escombros serán almacenados temporalmente dentro del predio y retirados mediante gestor autorizado, evitando arrastres hacia cuerpos receptores. El proyecto no generará lodos ni aguas residuales sin tratamiento, pues se conectará al sistema de saneamiento municipal o contará con sistema autorizado conforme a normatividad aplicable. No se manejarán residuos peligrosos en el sitio. Se implementarán barreras perimetrales, puntos de acopio y un plan de manejo para evitar cualquier dispersión hacia cuerpos de agua superficiales cercanos.

### III.3.6. Reglamento de Ley de Desarrollo Inmobiliarios del Estado de Yucatán – Última reforma DOF 26/01/2017

*"**Artículo 152.** El sistema de tratamiento de aguas residuales ya sea individual o colectivo para los Desarrollos Inmobiliarios estará determinado de acuerdo al número de viviendas proyectadas. En el caso de sistemas de tratamiento colectivos la ubicación de este se determinará en la factibilidad urbana ambiental, misma que deberá estar establecida en el plano de lotificación, presentado para la autorización en materia ambiental, de acuerdo a la tabla siguiente:*

| ***RANGO DE VIVIENDAS*** | ***SISTEMA*** | ***CONSIDERACIONES*** |
|---|---|---|
| *1 a 150 unifamiliares* | *Biodigestores* | *Capacidad de 600 l., en vivienda social.*<br>*Capacidad de 1300 l., en vivienda de otro tipo.*<br>*Aguas grises y negras separadas*<br>*1 pozo de monitoreo por cada 100 viviendas*<br>*Cada vivienda deberá contar con un registro en la banqueta para limpieza de los lodos.* |
| *151 a 2500* | *Alcantarillado sanitario con módulos de Sistemas Sépticos* | *1 modulo para por cada 350 viviendas*<br>*Área de 1000 m2 por modulo 350 viviendas.*<br>*Área de 1,500 m2 por modulo 500 viviendas.*<br>*Ubicación de módulos en Área verde, con franja de amortiguamiento* |
| *> 2500* | *Alcantarillado Sanitario con Planta de Tratamiento* | *De acuerdo a la NOM 001- SEMARNAT -1996 y la normatividad aplicable.* |

**VINCULACIÓN**

**CUMPLE.** El proyecto que corresponde a una vivienda habitacional, por tanto, se contempla el **uso de biodigestores** para el manejo de las aguas residuales.

### III.3.7. Ley General de Asentamiento Humanos, Ordenamiento Territorial y Desarrollo Urbano (LGAHOTDU). Última reforma DOF 01/04/2024

***Artículo 3.*** *Para los efectos de esta Ley, se entenderá por:*
*"II. Área Urbanizable: territorio para el Crecimiento urbano contiguo a los límites del Área Urbanizada del Centro de Población determinado en los planes o programas de Desarrollo Urbano, cuya extensión y superficie se calcula en función de las necesidades del nuevo suelo indispensable para su expansión;"*

**VINCULACIÓN**

En atención a lo estipulado en este artículo por la LGAHOTDU, el predio del proyecto se ubica en tres ordenamientos de regulación ecológica; 1) Programa Estatal de Ordenamiento Territorial y Desarrollo Urbano de Yucatán (POETDUY), 2) Programa de Ordenamiento Ecológico Territorial del Estado de Yucatán (POETY) y el 2) Programa de Ordenamiento Ecológico Territorial Costero del Estado de Yucatán (POETCY). Por la ubicación del sitio en los ordenamientos mencionados con anterioridad y sus criterios de regulación es considerado como "Área urbanizable" y dada la naturaleza del proyecto, en ambos ordenamientos es viable el nuevo uso que se pretende dar.

En el POETDUY, el predio del proyecto se ubica en la UGT-COS-03. El proyecto es viable el nuevo uso que se le pretende dar. Este instrumento establece una "Aptitud estratégica para asentamientos humanos" CONDICIONADA.

En el POETY, el predio del proyecto se ubica en la UGA016-APROV-HUN, el cual, presenta una política de Aprovechamiento sustentable, y el uso "Asentamientos humanos" es un uso CONDICIONADO.

En el POETCY, el predio del proyecto se ubica en la HUN07-BAR-C3, el cual, presenta una política de conservación con aprovechamiento de muy baja intensidad, y el uso de Vivienda Unifamiliar es un uso COMPATIBLE.

### III.3.8. Ley de Asentamiento Humanos, Ordenamiento Territorial y Desarrollo Urbano del Estado de Yucatán (LGAHOTDU). Última reforma DOF 17/04/2025

***Artículo 171.*** *Acción o aprovechamiento territorial de uso urbano fuera de los límites de un centro de población.*
*"Cuando se pretenda llevar a cabo cualquier tipo de acción o aprovechamiento territorial de uso urbano fuera de los límites de un centro de población que no cuente con un instrumento de planeación territorial vigente, o de aquellos proyectos en áreas rurales que requieran la construcción o introducción de obras de cabecera o de redes de infraestructura primaria, se requerirá la aprobación de la creación de un nuevo centro de población, declarado expresamente mediante decreto expedido por el Congreso del estado.*
*En caso de que sea procedente de acuerdo con la factibilidad urbana ambiental se procederá a la actualización previa del instrumento de planeación territorial municipal o de centro de población que corresponda, cumpliendo con las disposiciones establecidas en esta Ley y demás normativa aplicable.*
*En todo caso, las obras de cabecera o redes de infraestructura del proyecto correrán a cargo de la persona propietaria o promovente. En el caso de los desarrollos inmobiliarios, además deberán asumir el costo de las obras viales y sistemas de movilidad necesarias para garantizar la conectividad entre la acción urbanística de que se trate y el centro de población más cercano, en dimensión y calidad tales, que permita el tránsito de transporte público que se genere.*
*Para la actualización o elaboración de instrumentos de planeación territorial derivados de los casos previstos en el presente artículo, el instituto especificará en el dictamen de congruencia que las obras de infraestructura, así como las externalidades negativas que se generen, serán a cuenta de la persona interesada."*

**VINCULACIÓN**

El proyecto es viable y congruente con el nuevo uso que se pretende dar, los servicios e infraestructura que requerirá el proyecto será de la siguiente manera:

- **Agua potable:** El proyecto contempla una cisterna como parte de sus obras, que tendrá una capacidad de almacenar hasta 25,000 litros aproximadamente. Almacenará agua a través de un sistema de captación de agua de lluvia, y en épocas de seca el suministro será a través de pipas.
- **Energía eléctrica:** Solo se requerirá la factibilidad de la C.F.E ya que a pie de calle se encuentra la línea de electricidad. Cabe mencionar que todas las especificaciones técnicas en cuanto a la instalación quedarán a cargo de la Comisión Federal de Electricidad (C.F.E.) y contemplado el cumplimiento de la Ley de Servicio Público de Energía Eléctrica y su Reglamento y la Norma Oficial Mexicana NOM-001-SEDE-2012.
- **Drenaje sanitario:** El proyecto no contempla una red de drenaje sanitario ya que corresponde a una vivienda en uno sólo lote, no requiere de un sistema de planta de tratamiento (PTAR), esto con lo estipulado en el artículo 152 del reglamento de la Ley de Desarrollo Inmobiliarios del estado de Yucatán, donde se manifiesta que en un rango de viviendas de 1 a 150 requieren de un sistema de Biodigestores y no una PTAR.

Por tanto, es importante señalar que cada propietario una vez adquirido su lote tendrá que instalar un Biodigestor para el manejo de sus aguas grises y negras, con al menos las siguientes especificaciones:

"Biodigestores: Capacidad de 600 l., en vivienda social.
Capacidad de 1300 l., en vivienda de otro tipo.
Aguas grises y negras separadas
1 pozo de monitoreo por cada 100 viviendas
Cada vivienda deberá contar con un registro en lote y frente a la banqueta para limpieza de los lodos".

- **Manejo de residuos:** Se establecerán tambores de 100 L de capacidad para el depósito temporal de los residuos sólidos urbanos que se generen en sitios estratégicos del predio del proyecto.

Estos tambores deberán estar etiquetados para señalar la separación de los residuos en orgánicos e inorgánicos y provistos de tapa para evitar su reboce y malos olores. Periódicamente, de acuerdo a su frecuencia de generación y a los tiempos establecidos por el Ayuntamiento, serán recolectados por el mismo o por alguna empresa concesionada.
Por otra parte, los residuos de manejo especial, tales como residuos de la construcción, se sujetarán al plan de manejo de residuos, conforme a lo establecido en la Ley para la Gestión Integral de los Residuos en el Estado de Yucatán.

### III.4. Instrumentos normativos: Normas Oficiales Mexicanas

**NOM-001-SEMARNAT-2021 - Límites máximos permisibles para descargas de aguas residuales en cuerpos receptores y bienes nacionales.**

**CUMPLE.** El proyecto no realizará descargas a cuerpos de agua ni zonas federales. Las aguas residuales se conducirán al sistema municipal de saneamiento o a sistema autorizado. No se prevén descargas directas que contravengan la norma.

**NOM-022-SEMARNAT-2003 - Protección de humedales costeros, principalmente manglar y hábitats asociados.**

**CUMPLE.** El predio no se ubica en zona de humedal, manglar o vegetación hidrófila; sin embargo, por la cercanía geográfica al ANP y humedales costeros de Sisal, el proyecto implementará medidas de control de sedimentos, barreras perimetrales y manejo adecuado de residuos para evitar afectaciones indirectas.

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

**CUMPLE.** Los vehículos que ingresen al sitio durante la construcción deberán contar con verificación vigente. El proyecto no opera fuentes fijas de combustión, por lo que sólo aplica a maquinaria y equipo móvil bajo responsabilidad del contratista.

**NOM-045-SEMARNAT-2017 - Que establece los límites máximos permisibles de opacidad de humo proveniente del escape de vehículos automotores que usan diésel o mezclas que incluyen diésel como combustible.**

**CUMPLE.** La maquinaria y camiones diésel utilizados en obra deberán cumplir con los límites de emisiones establecidos. Se solicitará evidencia documental del cumplimiento al proveedor/contratista

**NOM-052-SEMARNAT-2005 - Que establece las características de los residuos peligrosos, el listado de estos y los límites que hacen a un residuo peligroso por su toxicidad al ambiente**.

**CUMPLE.** El proyecto no genera residuos peligrosos de manera ordinaria. En caso de generarse residuos como envases de solventes, aceites o trapos impregnados durante la construcción, serán manejados como RP, almacenados temporalmente en contenedor adecuado y entregados a un gestor autorizado, conforme a lo establecido en esta norma.

**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**

**CUMPLE.** El predio será evaluado mediante el ETJ forestal paralelo a la MIA. Se verificará presencia de especies listadas en la NOM-059. En caso de detección, se aplicará el Programa de Rescate y Reubicación de Flora y Fauna, conforme al Art. 93 LGDFS, garantizando manejo adecuado previo al cambio de uso de suelo.

**NOM-162-SEMARNAT-2012 - Especificaciones para la operación de centros de acopio y manejo de residuos de manejo especial (RME).**

**CUMPLE.** El proyecto no operará un centro de acopio, pero generará residuos de manejo especial (escombros y materiales de construcción). Estos serán manejados conforme a la norma: almacenamiento temporal ordenado y retiro por empresa autorizada.

**NOM-011-ENER-2006 - Eficiencia energética de bombas para sistemas de agua potable y alcantarillado.**

| |
|---|
| **CUMPLE.** En caso de instalar bomba hidráulica para cisterna o presión, se seleccionará equipo con eficiencia mínima conforme a la NOM, reduciendo el consumo energético. |

**NOM-021-ENER/SCFI-2017 - Eficiencia energética de lámparas LED, CFL y sistemas para iluminación.**

| |
|---|
| **CUMPLE.** Se utilizarán luminarias LED certificadas, reduciendo consumo eléctrico y cumpliendo los valores mínimos de eficacia luminosa. |

**NOM-023-ENER-2010 - Eficiencia energética para aires acondicionados tipo mini-split.**

| |
|---|
| **CUMPLE.** Si se instalan equipos de aire acondicionado, estos deberán contar con clasificación de eficiencia conforme a la NOM. Se seleccionarán equipos inverter y SEER alto. |

**NOM-008-ENER-2001 - Envolvente térmica en edificaciones para uso eficiente de energía.**

| |
|---|
| **CUMPLE.** El diseño constructivo incluirá materiales aislantes, ventilación natural y control solar pasivo. Esto reduce la demanda de climatización y asegura que la vivienda cumpla con los criterios de eficiencia térmica establecidos por la norma. |

**...**

# CAPITULO IV

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

## MANIFESTACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL, MOD. PARTICULAR PARA EL PROYECTO:

## CASA FLORES

SISAL, HUNUCMÁ, YUCATÁN
NOVIEMBRE, 2025

**TABLA DE CONTENIDO**

IV. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA AMBIENTAL Y SEÑALAMIENTO DE LA PROBLEMÁTICA AMBIENTAL DETECTADA EN EL ÁREA DE INFLUENCIA DEL PROYECTO ..... 1
IV.1. Delimitación del sistema ambiental ..... 1
IV.2. Delimitación del área de influencia ..... 3
IV.3. Descripción del medio natural ..... 4
IV.3.2. Huracanes ..... 6
IV.3.3. Vientos ..... 7
IV.3.4. Incendios forestales ..... 8
IV.3.5. Canícula ..... 8
IV.3.6. Geología ..... 9
IV.3.7. Litología ..... 11
IV.3.8. Geomorfología ..... 12
IV.3.9. Edafología ..... 13
IV.3.10. Topografía ..... 14
IV.3.11. Geohidrología ..... 15
IV.3.12. Hidrografía ..... 16
IV.4. Caracterización biológica del sistema ambiental ..... 17
IV.4.1. Asociaciones vegetales y usos de suelo identificados en el sistema ambiental ..... 17
IV.4.2. Estructura de la comunidad florística y faunística del Sistema Ambiental ..... 20
IV.4.2.1. Esfuerzo de muestreo en el Sistema Ambiental ..... 20
IV.4.2.2. Flora del sistema Ambiental ..... 20
IV.4.2.3. Fauna del sistema Ambiental ..... 25
IV.5. Caracterización biológica del área de influencia ..... 31
IV.5.1. Asociaciones vegetales y usos de suelo identificados en el sistema ambiental ..... 31
IV.5.2. Riqueza florística Y faunística del área de influencia ..... 32
IV.6. Caracterización biológica del predio ..... 35
IV.6.1. Descripción florística del predio ..... 35
IV.6.1.1. Valor de importancia de la vegetación ..... 37
IV.6.1.2. Resultados ..... 39
IV.6.1.2.1. Composición florística de la comunidad vegetal ..... 39
IV.6.1.2.2. Índice de valor de importancia para el estrato arbustivo ..... 39
IV.6.1.2.3. Índice de valor de importancia para el estrato herbáceo ..... 40
IV.6.1.2.4. Diversidad del estrato arbustivo ..... 40
IV.6.1.2.5. Diversidad del estrato herbáceo ..... 41
IV.6.1.2.6. Curvas de acumulación de especies ..... 41
IV.6.1.2.7. Conclusiones referentes a flora ..... 42
IV.6.1.3. Composición de la comunidad de vertebrados ..... 43
IV.6.1.3.1. Metodología ..... 43
IV.6.1.3.2. Resultados ..... 46
IV.7. Conclusiones generales ..... 52
IV.8. Bibliografía ..... 53

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

## IV.1. Delimitación del sistema ambiental

La delimitación del sistema ambiental constituye una etapa fundamental para el análisis de impactos ambientales, ya que permite establecer el ámbito espacial en el cual se identifican, evalúan y jerarquizan los efectos potenciales derivados del proyecto *Casa Flores*. En este caso, el sistema ambiental se delimitó considerando las **zonas urbanizadas y semiurbanizadas de la localidad costera de Sisal, municipio de Hunucmá, Yucatán**, y su entorno inmediato, integrando tanto las áreas transformadas por el desarrollo urbano como las franjas naturales adyacentes que mantienen funciones ecológicas relevantes, principalmente asociadas al sistema costero y dunar.

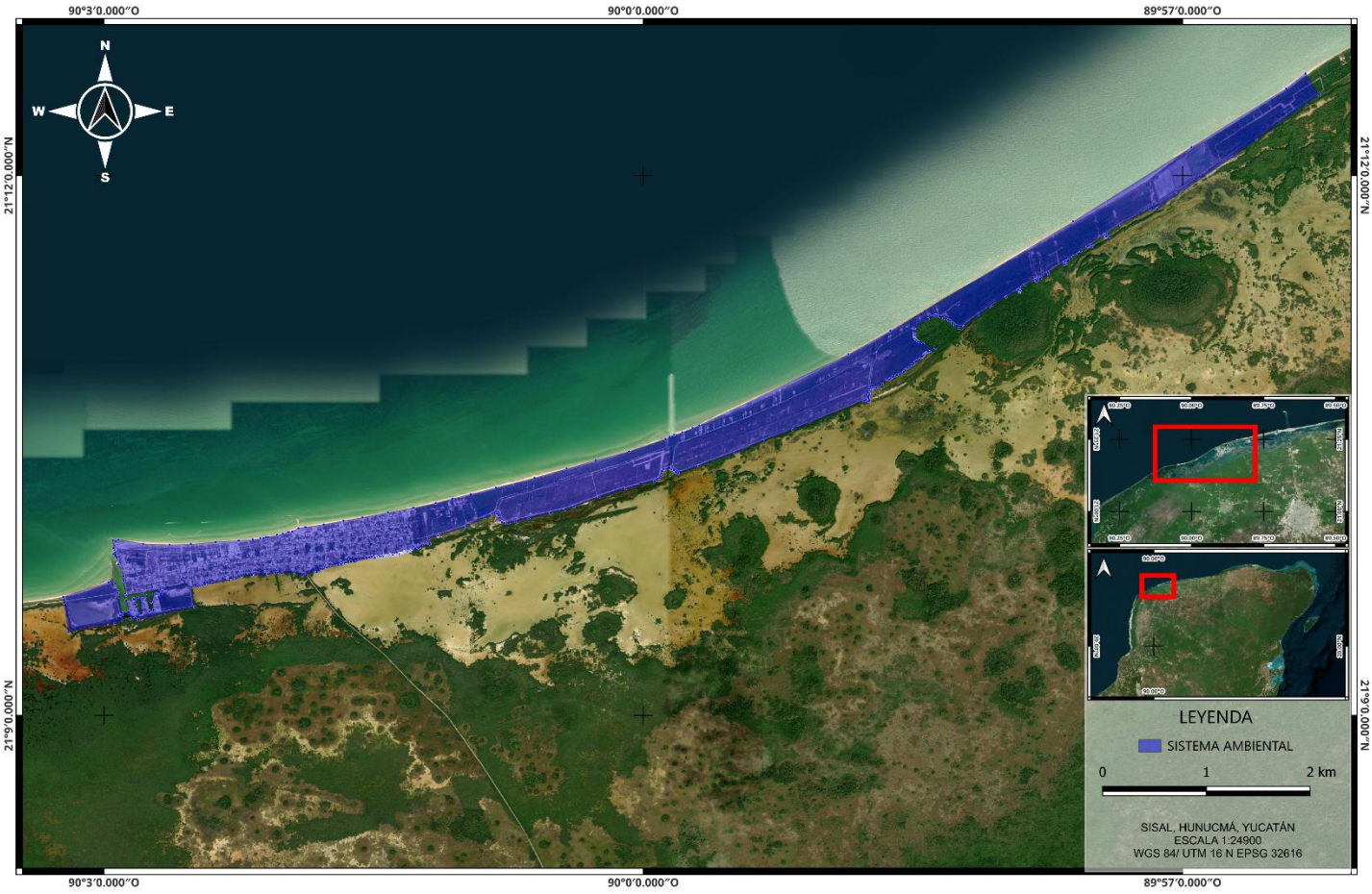



**Figura 1. Sistema ambiental considerada para el proyecto**

El área total comprendida dentro de los límites del sistema ambiental asciende a aproximadamente **4,934,378 m² (aproximadamente 493.43 ha)**, abarcando tanto la franja urbana consolidada de Sisal como los sectores de vegetación natural y áreas de transición hacia las zonas lagunares y de humedales al sur del poblado.

El criterio principal para la delimitación consistió en integrar las áreas de **interacción ecológica, paisajística y socioambiental** más estrechamente vinculadas con el sitio del proyecto, considerando la conectividad entre los componentes físico, biótico y social. Este enfoque responde a la definición de sistema ambiental propuesta por la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT, 2018), en la que se reconoce que el ambiente

de un proyecto no se restringe a su huella directa, sino que incluye las **relaciones funcionales y espaciales** que lo vinculan con su entorno inmediato.

Dentro del sistema ambiental delimitado se reconocen tres unidades espaciales principales:

1. **Zona urbana consolidada de Sisal**, caracterizada por la presencia de infraestructura turística, vialidades pavimentadas y viviendas unifamiliares de uso vacacional o permanente.
2. **Franja de duna costera y playa**, con vegetación psamófila y especies adaptadas a condiciones salinas, que desempeñan un papel esencial en la estabilización del litoral.
3. **Zona de humedales y vegetación halófila interior**, que funciona como un amortiguador natural ante la intrusión salina y como área de refugio para fauna silvestre, especialmente aves acuáticas y migratorias.

El polígono resultante engloba el área donde las **interacciones ecológicas y las actividades humanas se superponen**, definiendo un espacio representativo de los procesos naturales y antrópicos característicos de la costa noroccidental de Yucatán. Esta delimitación permite contextualizar el proyecto dentro de un marco espacial adecuado para la identificación y evaluación de impactos, conforme a las metodologías establecidas por la SEMARNAT y a los lineamientos de la *Guía para la elaboración de Manifestaciones de Impacto Ambiental* (INE, 2014).

Además, la delimitación espacial permite establecer la **escala de influencia** del proyecto, diferenciando entre los impactos directos (asociados a la superficie inmediata de construcción) y los indirectos (relacionados con procesos de cambio en el uso del suelo, tránsito vehicular o modificación de la escorrentía superficial). Este abordaje integrado garantiza que la evaluación posterior sea congruente con el principio de prevención y con la jerarquización de impactos ambientales según su magnitud, extensión y persistencia temporal (Conesa, 2015).

En síntesis, el sistema ambiental definido para el proyecto *Casa Flores* abarca un entorno costero-urbano de alta sensibilidad ecológica, cuya extensión y configuración espacial reflejan la necesidad de comprender los efectos del desarrollo en un contexto de **transición entre ambientes naturales y urbanos**, característico del litoral de Sisal. Esta delimitación constituye el marco geográfico y ecológico para las etapas subsiguientes del análisis de impactos ambientales.

## IV.2. Delimitación del área de influencia

El área de influencia constituye el espacio geográfico en el cual se manifiestan, de manera directa o indirecta, los efectos ambientales derivados de las actividades del proyecto *Casa Flores*. Su delimitación permite establecer el contexto inmediato de las interacciones ecológicas y antrópicas que pueden verse afectadas durante las etapas de construcción, operación y mantenimiento del proyecto.

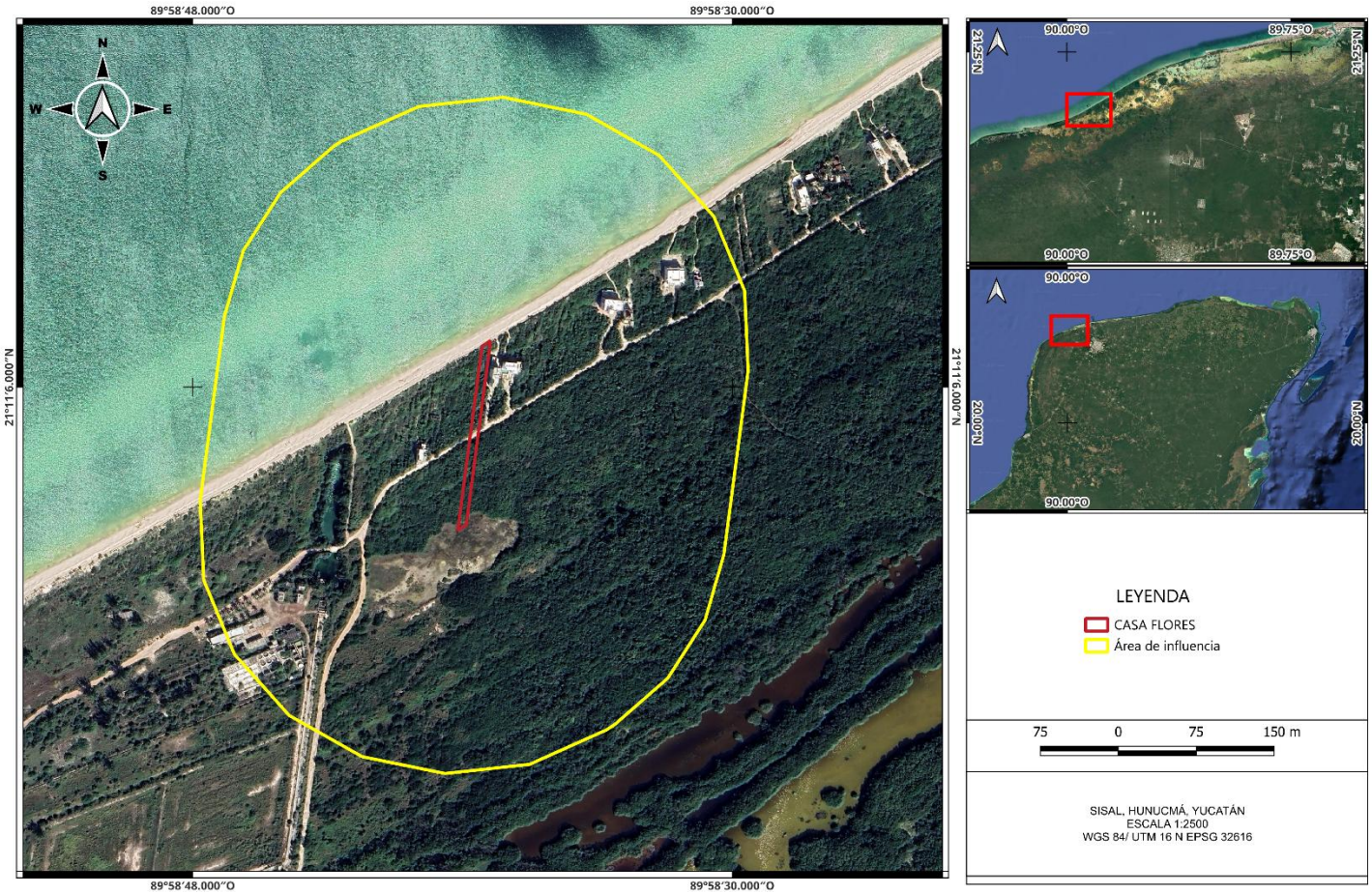



**Figura 2. Área de influencia considerada para el proyecto**

Para definir el área de influencia se adoptó un criterio **espacial de proximidad**, considerando un **radio de 250 metros alrededor del polígono del proyecto**, de acuerdo con la naturaleza de las obras propuestas y la escala de sus posibles impactos. Este rango resulta congruente con los lineamientos técnicos establecidos por la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT, 2018), que recomienda circunscribir la delimitación a la zona donde los efectos físicos, biológicos y sociales pueden ser percibidos o medidos de manera significativa.

La delimitación del área de influencia, en consecuencia, incorpora la totalidad de los **componentes físicos, bióticos y antrópicos** susceptibles de ser modificados o influenciados por el proyecto. Esta escala espacial permitirá analizar con precisión la magnitud y extensión de los impactos, así como definir medidas de prevención y mitigación proporcionales a la sensibilidad ambiental del entorno costero de Sisal. Tal delimitación responde

a la necesidad de integrar un enfoque ecosistémico en la evaluación, considerando las interdependencias entre el ambiente marino, el sistema dunar y la zona urbana (MEA, 2005).

En síntesis, el área de influencia del proyecto *Casa Flores* representa un mosaico costero caracterizado por la interrelación de **ecosistemas de alto valor ecológico** y **espacios urbanizados en expansión**, cuya delimitación permite establecer un marco analítico riguroso para la evaluación de impactos ambientales, en apego al principio de prevención y a la gestión ambiental sustentable.

## IV.3. Descripción del medio natural

### IV.3.1. Clima

De acuerdo con la información climatológica derivada de la cartografía oficial de INEGI, el área donde se desarrollará el proyecto corresponde al clima **BS0(h')w(x')**, clasificado como seco muy cálido. Esta denominación proviene del sistema de clasificación climática de García (2004), ampliamente utilizado en estudios ambientales y documentos técnicos en México por su precisión para describir las condiciones locales de temperatura, precipitación y estacionalidad. En el caso específico de Sisal, Yucatán, este tipo de clima define un régimen atmosférico caracterizado por precipitaciones escasas, una marcada estacionalidad hídrica y temperaturas elevadas durante la mayor parte del año, condiciones que influyen tanto en la dinámica ambiental como en los procesos constructivos y operativos asociados a proyectos de infraestructura.

El clima **BS0(h')w(x')** se distingue por presentar precipitaciones anuales reducidas, usualmente por debajo de los **800 mm/año**, con una concentración marcada durante los meses de verano y un prolongado periodo seco que abarca la mayor parte del ciclo anual (García, 2004). En la región costera de Yucatán, esta estacionalidad se intensifica debido a la influencia de los vientos dominantes del este y sureste, así como por la interacción entre la superficie marina del Golfo de México y la planicie peninsular, lo que favorece la ocurrencia de lluvias convectivas breves, pero no suficientes para modificar la clasificación general del clima (CONAGUA, 2020). La marcada sequedad del ambiente también se relaciona con la baja capacidad de retención hídrica de los suelos kársticos predominantes en la península, cuyo alto grado de permeabilidad propicia una rápida infiltración del agua y limita la presencia de escurrimientos superficiales.

En términos térmicos, este clima se caracteriza por presentar temperaturas medias anuales superiores a **26 °C**, con máximas que pueden superar los **36 °C** durante la primavera y el inicio del verano (SMN, 2021). Esta condición de muy alta temperatura ambiental es típica de las franjas costeras de Yucatán, donde la baja altitud, la elevada insolación y la reflectancia natural de las dunas y arenas costeras incrementan los valores térmicos locales. Durante el invierno, las temperaturas mínimas rara vez descienden por debajo de los 18 °C, lo cual confirma la condición de clima muy cálido y la ausencia de estacionalidad térmica marcada, siendo el régimen térmico una de las características determinantes de esta clasificación.

La combinación de poca precipitación, altas temperaturas y marcada estacionalidad genera un ambiente donde la evapotranspiración potencial supera ampliamente a la precipitación, manteniendo un balance hídrico deficitario durante la mayor parte del año (INEGI, 2016). Este desbalance es el fundamento que sustenta que la zona sea considerada de clima seco, ya que la disponibilidad de humedad ambiental no es suficiente para sostener una vegetación de porte mayor sin adaptaciones xerofíticas. En la costa noroccidental de Yucatán, estas condiciones climáticas también moldean la estructura de los ecosistemas de duna costera, matorral costero y

comunidades halófitas, los cuales presentan mecanismos fisiológicos y morfológicos adaptados a ambientes áridos y salinos.

Adicionalmente, el clima **BS0(h')w(x')** tiene relevancia directa en el diseño y operación de proyectos arquitectónicos y de infraestructura. En particular, la presencia de temperaturas extremadamente elevadas durante buena parte del año implica que las edificaciones deben considerar elementos de ventilación cruzada, materiales con baja conductividad térmica y estrategias que minimicen la ganancia solar directa, aspectos típicos de la arquitectura de playa en Sisal y que forman parte de las prácticas constructivas regionales (Canto et al., 2019). Asimismo, la marcada estacionalidad de las lluvias afecta la programación de procesos constructivos, ya que las actividades de colado y acabado suelen planearse fuera de los meses de mayor precipitación para evitar afectaciones por humedad excesiva.

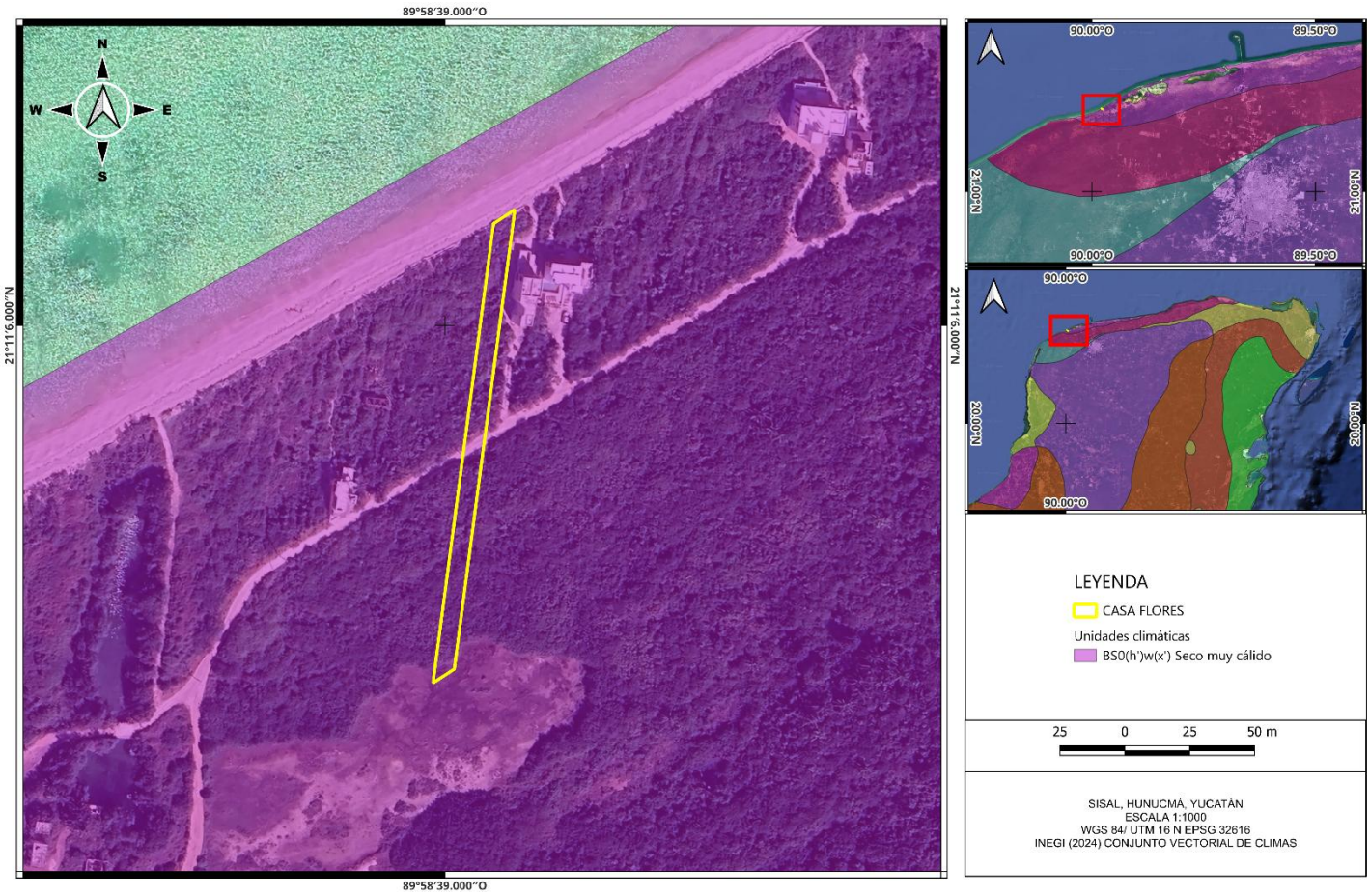



**Figura 3. Unidades climáticas registradas en el sitio del proyecto**

En síntesis, el clima **BS0(h')w(x')** de tipo seco muy cálido constituye un rasgo ambiental determinante para la región de Sisal. Su combinación de lluvias escasas, altas temperaturas y fuerte estacionalidad incide tanto en la dinámica ecológica local como en las consideraciones técnicas para el desarrollo del proyecto, por lo que su adecuada caracterización resulta indispensable dentro del análisis ambiental.

### IV.3.2. Huracanes

El municipio de Hunucmá, donde se localiza la comunidad costera de Sisal, se encuentra expuesto de manera recurrente a la influencia de sistemas meteorológicos ciclónicos provenientes del Atlántico y del Caribe, debido a su ubicación en el litoral noroccidental de la Península de Yucatán. Esta región forma parte activa de la trayectoria típica de ciclones tropicales que se desplazan hacia el Golfo de México, particularmente durante la temporada oficial que se extiende del **1 de junio al 30 de noviembre**, periodo en el que se concentran más del 90 % de los eventos ciclónicos que afectan al país (SMN, 2021). La interacción entre la superficie marina cálida, la topografía prácticamente plana y la cercanía con grandes cuerpos de agua genera condiciones propicias para que los efectos de estos fenómenos se perciban con claridad en las zonas costeras del municipio.

De acuerdo con los registros históricos del Servicio Meteorológico Nacional y de la Coordinación Estatal de Protección Civil, en el municipio de Hunucmá se han documentado **tres sistemas ciclónicos** con incidencia directa sobre la zona de Sisal durante los últimos 30 años: la **Depresión Tropical Katrina (1999)**, la **Tormenta Tropical Larry (2003)** y la **Tormenta Tropical Cristóbal (2020)** (SMN, 2021; CENAPRED, 2022). Si bien la Península de Yucatán recibe la influencia indirecta de numerosos ciclones cada década, estos tres eventos destacan por haber presentado trayectorias que cruzaron directamente por la zona o pasaron a una distancia suficientemente cercana como para generar impactos meteorológicos significativos.

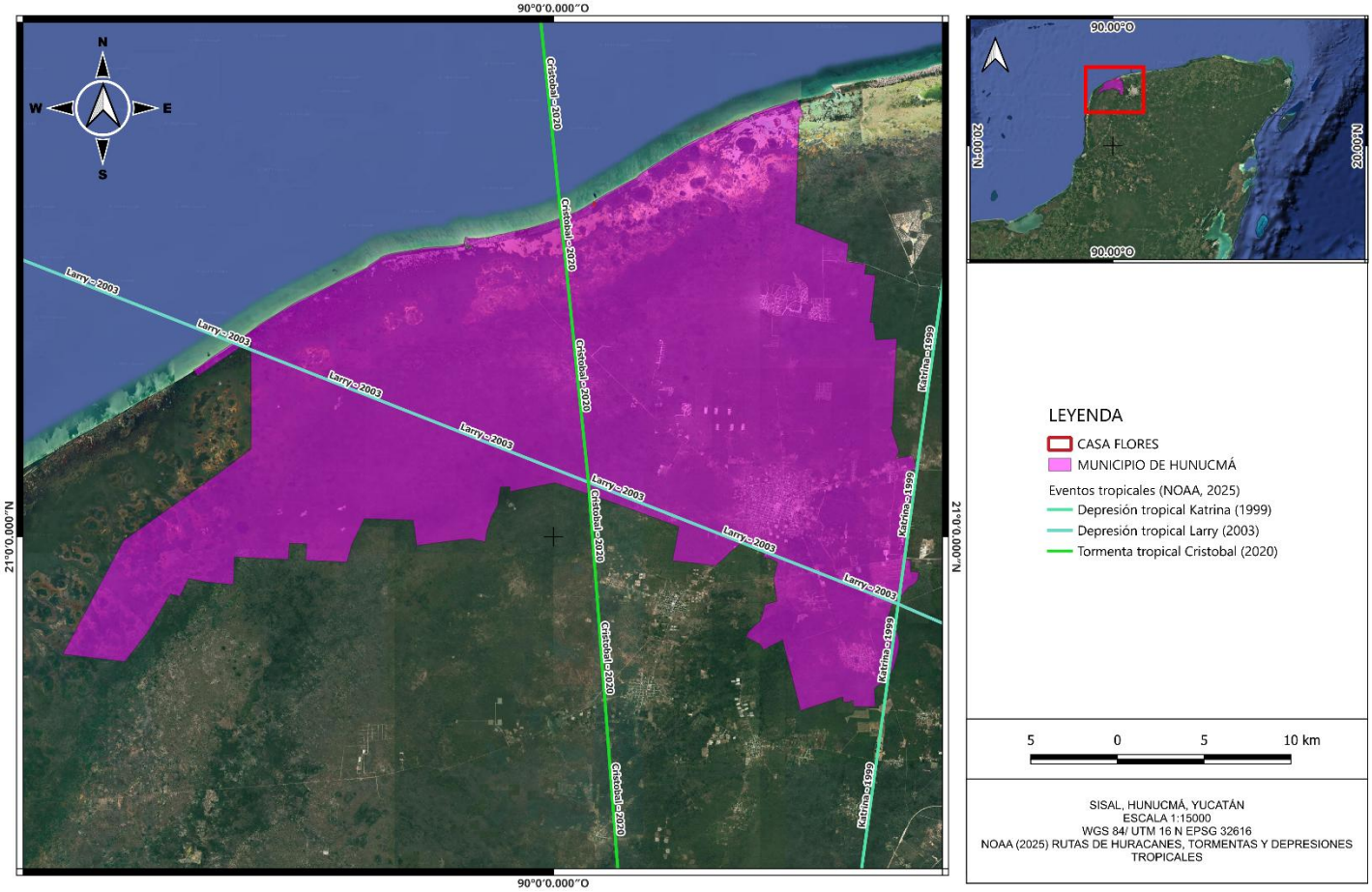



**Figura 4. Eventos tropicales registrados para el municipio de Hunucmá**

La **Depresión Tropical Katrina**, ocurrida en octubre de 1999, ingresó al territorio peninsular debilitada, pero mantuvo un volumen importante de humedad, lo que provocó lluvias intensas y ráfagas de viento relevantes en la costa del municipio de Hunucmá. Aunque su intensidad fue menor que la de un huracán típico, su paso generó anegamientos en áreas bajas y afectaciones menores en infraestructura ligera, características consistentes con las depresiones tropicales que se desplazan sobre regiones costeras de baja elevación (Jáuregui, 2003). Este evento se considera uno de los primeros de la década moderna en documentar claramente la vulnerabilidad del litoral de Sisal a sistemas ciclónicos de baja categoría.

Posteriormente, en octubre de 2003, la **Tormenta Tropical Larry** ingresó al sur del Golfo de México y cruzó la Península de Yucatán con una trayectoria que afectó directamente al municipio de Hunucmá. Larry produjo vientos sostenidos superiores a **85 km/h** y precipitaciones acumuladas que superaron los **150 mm** en algunos puntos de la costa (SMN, 2004). En Sisal, sus efectos se manifestaron principalmente en la forma de oleaje elevado, inundaciones locales en la zona de humedales y afectaciones en estructuras rústicas cercanas al borde costero. Este evento reforzó la necesidad de considerar condiciones ciclónicas en los diseños arquitectónicos y constructivos de la región, especialmente aquellos relacionados con edificaciones de uso habitacional estacional o permanente.

Más reciente, la **Tormenta Tropical Cristóbal (2020)** tuvo un comportamiento atípico al desplazarse de manera lenta sobre la Península de Yucatán, lo que provocó lluvias acumuladas de varios días y niveles elevados de humedad ambiental. Aunque su centro no cruzó directamente por Sisal, su amplia circulación generó precipitaciones de largo plazo, vientos sostenidos y un aumento significativo en el nivel del mar y los escurrimientos superficiales en la zona costera (CONAGUA, 2021). Los efectos hidrometeorológicos de Cristóbal fueron considerables en municipios como Hunucmá, donde las características planas del terreno y la presencia de humedales costeros favorecieron la persistencia del agua, afectando temporalmente la movilidad y algunas actividades productivas.

Aunque el litoral de Sisal no recibe huracanes de manera frecuente en forma directa, sí se encuentra dentro de una zona de influencia moderada a alta de ciclones tropicales, y su patrón histórico coincide con el comportamiento regional del Caribe y el Golfo de México. En consecuencia, la caracterización climatológica de huracanes resulta esencial para la evaluación ambiental, pues permite prever condiciones extremas de viento, oleaje y precipitación que deben ser consideradas tanto en el diseño estructural de edificaciones como en la planeación de actividades constructivas y operativas. La normatividad técnica mexicana establece que las zonas costeras expuestas a ciclones deben adoptar criterios de resistencia estructural adecuados, prácticas de construcción que reduzcan vulnerabilidades y medidas preventivas enfocadas en la seguridad durante la temporada de ciclones (CFE, 2015).

### IV.3.3. Vientos

La zona costera de Sisal, en el municipio de Hunucmá, se caracteriza por un régimen de vientos dominado principalmente por los **alisios del este y sureste**, los cuales mantienen velocidades moderadas a lo largo del año. Estos vientos se intensifican durante los meses de marzo a agosto, cuando las condiciones térmicas regionales generan una mayor convección y una diferencia notable entre la temperatura marina y continental, lo que favorece corrientes constantes que pueden alcanzar entre **15 y 25 km/h** en promedio (SMN, 2021). Su predominancia influye en la dinámica litoral, el transporte de arenas y la ventilación natural del área.

Durante la temporada invernal, los vientos asociados a los **frentes fríos**, conocidos localmente como *nortes*, generan episodios de rachas fuertes que ocasionalmente superan los **50 km/h**, provocando oleaje elevado y disminuciones bruscas de temperatura (CONAGUA, 2020). Estos eventos, aunque de corta duración, son relevantes para considerar en el diseño de elementos expuestos, ya que pueden incidir en estructuras ligeras o áreas descubiertas.

### IV.3.4. Incendios forestales

El municipio de Hunucmá presenta una **susceptibilidad moderada a incendios forestales**, principalmente durante la época de sequía que abarca de marzo a mayo, cuando la disponibilidad de humedad en la vegetación disminuye significativamente y las temperaturas alcanzan valores elevados (CONAFOR, 2022). Aunque la zona costera de Sisal no se caracteriza por una alta incidencia de incendios de gran magnitud, la presencia de vegetación herbácea seca, matorral costero y pastizales puede favorecer la propagación superficial del fuego bajo condiciones desfavorables.

Los incendios registrados en esta región suelen ser de **baja intensidad** y están asociados con quemas incontroladas, acumulación de material vegetal seco o actividades humanas realizadas sin medidas preventivas adecuadas (SEMARNAT, 2018). A pesar de ello, la estructura abierta de los ecosistemas costeros, junto con la humedad ambiental proveniente del litoral, limita la acumulación de biomasa suficiente para incendios de grandes proporciones. No obstante, su posible ocurrencia debe considerarse en la planificación ambiental del proyecto, particularmente en lo que respecta a la reducción de material combustible en zonas intervenidas y la implementación de medidas básicas de prevención.

### IV.3.5. Canícula

La región costera de Sisal forma parte de las zonas identificadas por el INEGI (2018) como **susceptibles a eventos de canícula**, un fenómeno climático caracterizado por una disminución temporal en la precipitación durante el verano, generalmente entre **julio y agosto**, aun cuando dicho periodo corresponde a la temporada de lluvias. Este evento se asocia con variaciones en la circulación atmosférica del Caribe y del Golfo de México, que reducen la formación de nubes convectivas y generan lapsos de varios días con temperaturas elevadas, cielos despejados y humedad relativa más baja de lo habitual (SMN, 2020).

En la zona de Hunucmá, la canícula suele manifestarse con **incrementos notables de temperatura**, que pueden superar los **35–37 °C**, así como con una mayor sensación térmica debido a la radiación solar directa y la disminución momentánea de la nubosidad. Aunque este fenómeno no implica necesariamente déficit prolongado de lluvia, sí provoca estrés térmico en la vegetación costera y favorece condiciones de sequedad superficial en suelos arenosos, como los presentes en el predio identificado para el proyecto.

La presencia recurrente de canícula también tiene implicaciones para la planificación constructiva, ya que los periodos de calor intenso pueden influir en el comportamiento de materiales, el rendimiento de la mano de obra y la necesidad de implementar medidas de protección para actividades al aire libre. Asimismo, su coincidencia con la temporada de huracanes obliga a considerar una variabilidad climática amplia que combina lapsos de calor extremo con lluvias posteriores de gran intensidad.

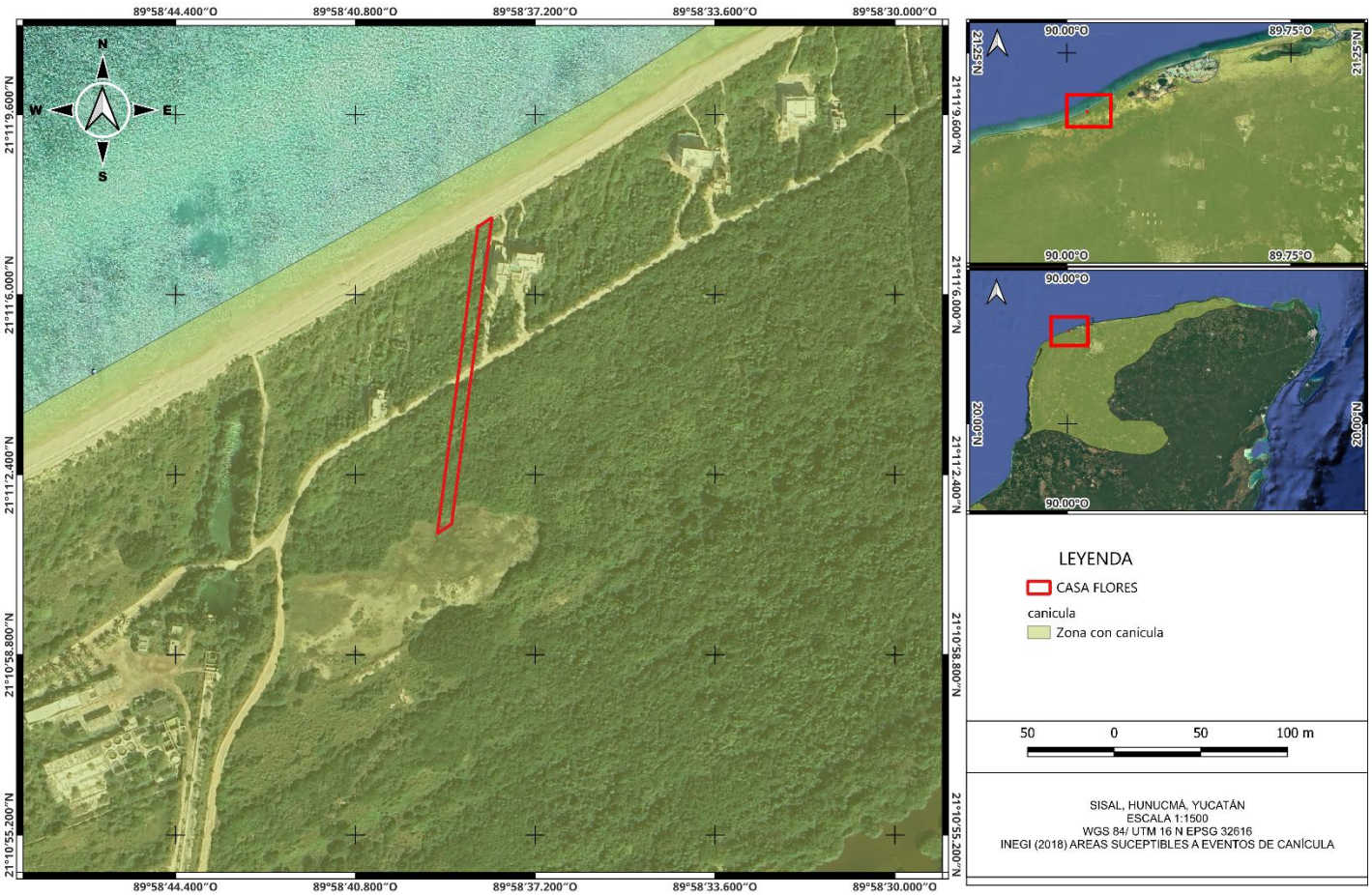



**Figura 5. Situación del predio en función a las zonas de canícula registradas por INEGI (2018)**

Por lo tanto, aunque la canícula es un fenómeno de corta duración, su ocurrencia regular en Sisal constituye un rasgo climático relevante que contribuye a la caracterización ambiental del área del proyecto y debe ser tomado en cuenta dentro de la programación operativa y constructiva.

### IV.3.6. Geología

El predio donde se proyecta el desarrollo *Casa Flores* se localiza dentro de una provincia geológica característica de la Península de Yucatán, cuya conformación está dominada por rocas sedimentarias de origen marino. De acuerdo con la cartografía del Servicio Geológico Mexicano (SGM), el sitio se ubica específicamente dentro de la unidad **Qholi**, la cual corresponde a **roca sedimentaria del Cuaternario, perteneciente al Cenozoico** (SGM, 2022). Esta unidad está compuesta predominantemente por **calizas organógenas, margas y depósitos asociados a ambientes someros**, resultado de procesos deposicionales que han actuado de manera continua durante los últimos miles de años.

La unidad Qholi se caracteriza por presentar materiales calcáreos altamente porosos y permeables, los cuales son producto de la litificación de sedimentos carbonatados en ambientes marino–litorales, típicos de la costa norte de Yucatán. Estos materiales se formaron a partir de la acumulación de fragmentos de conchas, corales, restos bioclásticos finos y arenas carbonatadas, sometidas posteriormente a procesos de compactación y

cementación propios del Cuaternario tardío (Ward, 1985; Back & Hanshaw, 1970). Debido a ello, el subsuelo presenta una alta capacidad de infiltración y una estructura estratigráfica relativamente somera, en la que predominan horizontes delgados de caliza dura sobre estratos más friables.

La geología específica del sitio influye directamente en la configuración del relieve, el comportamiento hidrogeológico y la dinámica ecológica del área costera de Sisal. En esta región, la ausencia de procesos orogénicos y la naturaleza carbonatada del basamento condicionan la presencia de un relieve plano, ligeramente ondulado hacia el interior, con pendientes mínimas que rara vez exceden el 2%. Este relieve uniforme es característico de la planicie kárstica yucateca, donde los procesos de disolución del carbonato generan microdepresiones, oquedades y conductos subterráneos que permiten el movimiento de agua hacia el acuífero regional (Perry et al., 2002).

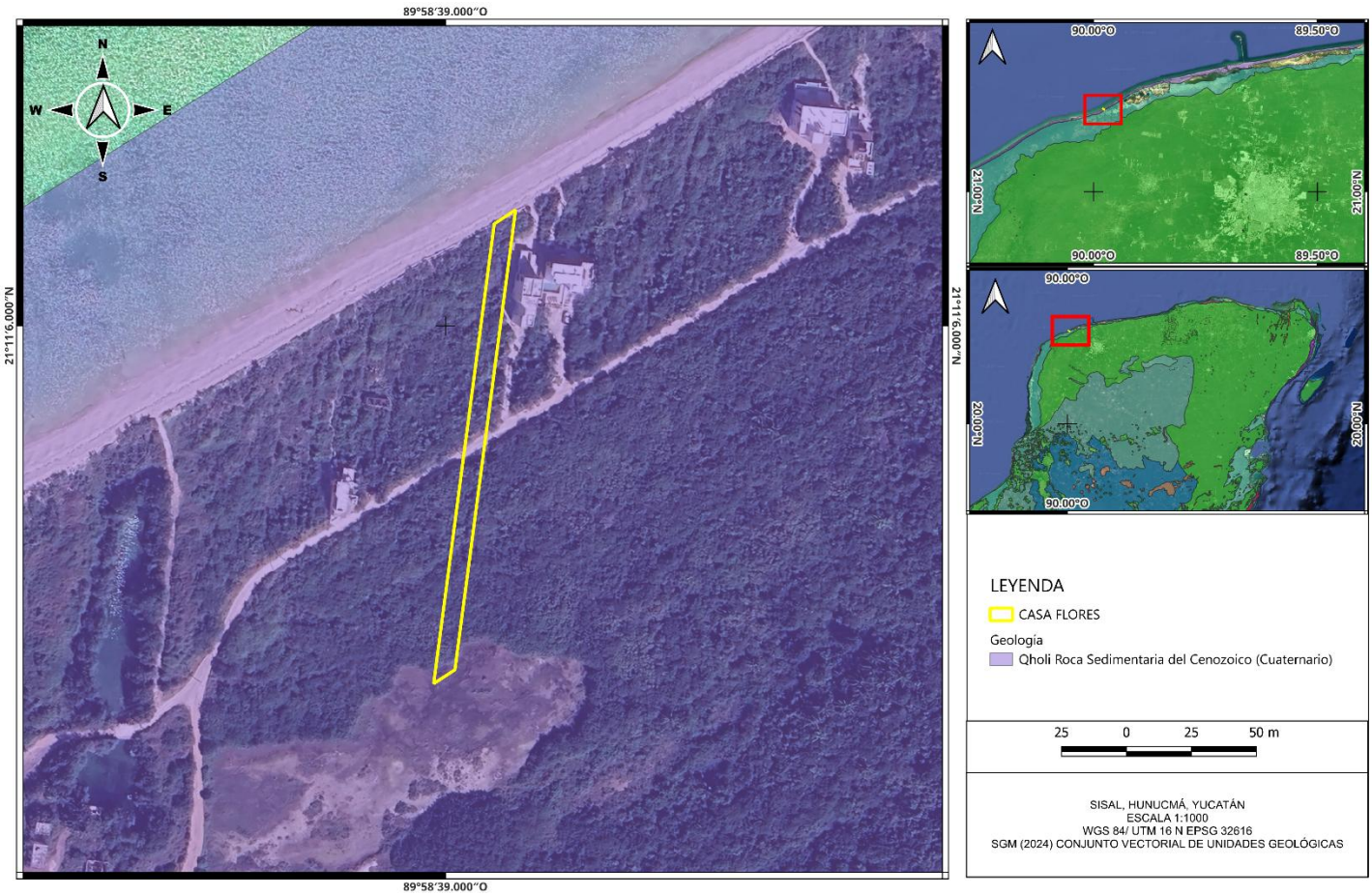



**Figura 6. Unidades geológicas presentes en el predio del proyecto (SGM, 2014)**

La composición geológica de la unidad Qholi también determina importantes características del suelo y su estabilidad. Debido a la abundancia de calizas poco compactadas y a la ausencia de capas arcillosas o materiales consolidados, el suelo presenta una resistencia moderada y una alta susceptibilidad a la erosión superficial, especialmente en zonas cercanas al litoral donde los vientos alisios y la influencia directa del oleaje pueden movilizar partículas finas. No obstante, en las áreas interiores, como la ubicación del predio, las condiciones se mantienen relativamente estables y los procesos erosivos son mínimos, lo que permite un uso urbano de baja intensidad sin generar afectaciones significativas al sustrato geológico.

En conjunto, la geología del predio es el resultado lógico de los procesos que dieron origen y evolución a la planicie costera del noroeste de Yucatán, y constituye un elemento fundamental para comprender los procesos ambientales, hidrológicos y geomorfológicos que caracterizan la región de Sisal. Estos rasgos, aunados al dominio absoluto de rocas carbonatadas de edad Cuaternaria, establecen un marco geológico consistente con los patrones observados en la franja litoral del municipio de Hunucmá.

### IV.3.7. Litología

De acuerdo con la cartografía del Servicio Geológico Mexicano (SGM), la litología presente en el predio destinado al proyecto *Casa Flores* pertenece a la unidad denominada **Litoral**, la cual corresponde a **depósitos sedimentarios recientes asociados directamente a ambientes costeros**. Esta unidad se compone principalmente de **arenas sueltas de origen carbonatado**, con una granulometría que varía de fina a media, producto del retrabajo constante de sedimentos marinos por acción del oleaje, las corrientes litorales y el viento (SGM, 2022). Estas arenas provienen mayoritariamente de fragmentos bioclásticos (moluscos, corales, algas calcáreas y otros organismos marinos) que se desintegran y se acumulan en la franja costera, constituyendo un sustrato altamente móvil y poco consolidado.

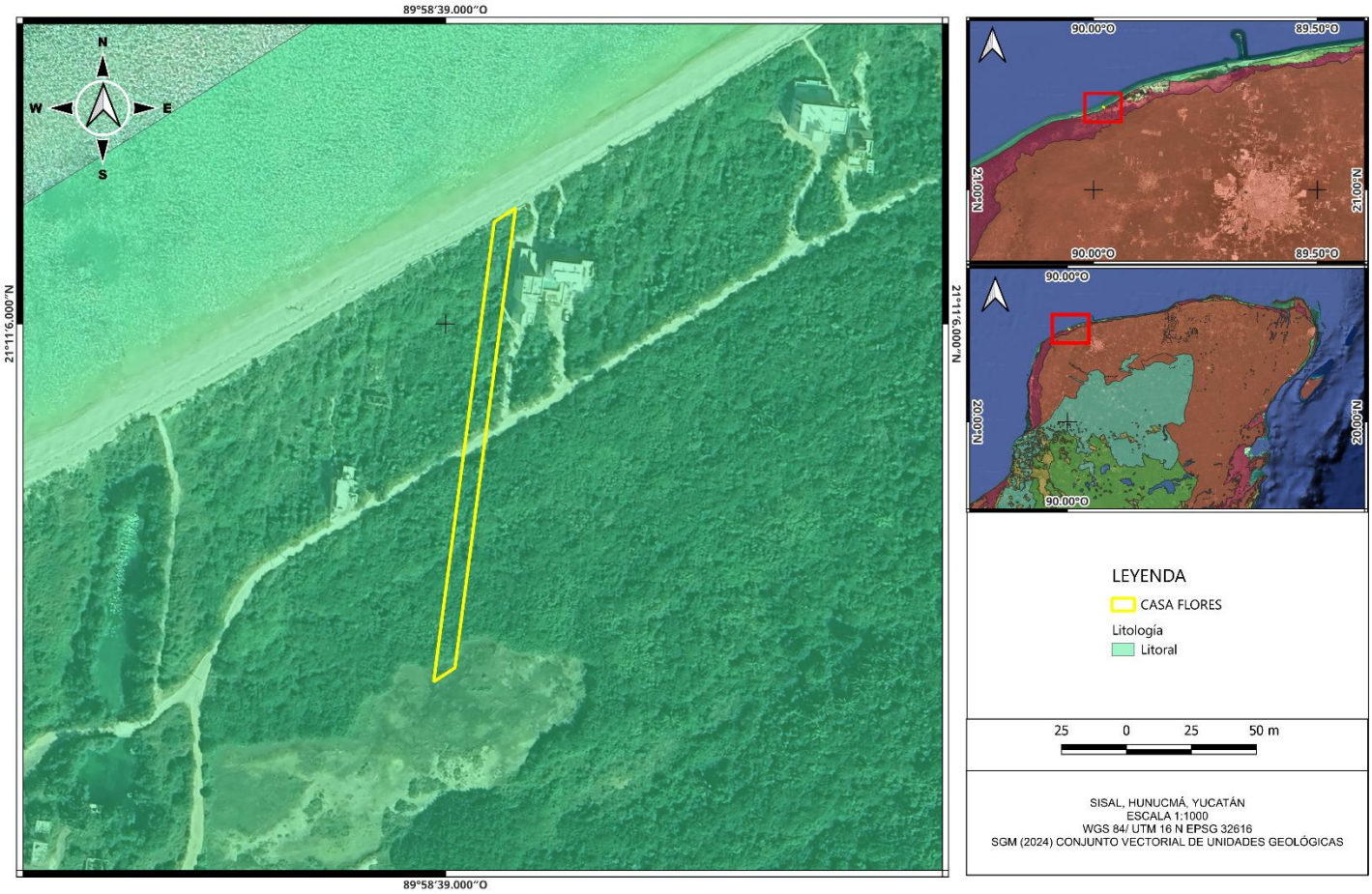



**Figura 7. Unidad litológica en la zona del proyecto (SGM, 2018)**

La unidad Litoral se caracteriza por su **baja cohesión**, lo que permite que la arena sea fácilmente transportada por procesos eólicos, formando dunas costeras activas o semifijas dependiendo del grado de cobertura vegetal.

Este tipo de litología es típica de las costas del norte de Yucatán, donde los vientos dominantes y la energía del oleaje influyen directamente en la morfodinámica de la playa. Asimismo, la elevada concentración de carbonato de calcio en estos sedimentos refleja el predominio de procesos biogénicos y la influencia de los ecosistemas marinos someros que rodean la península (Psuty & Moreira, 1992).

Desde el punto de vista hidrogeológico, los materiales arenosos de la unidad Litoral presentan **alta porosidad y permeabilidad**, lo cual favorece una infiltración rápida y una escasa retención de humedad en superficie. En consecuencia, la escorrentía superficial es prácticamente inexistente y el agua de lluvia percola con facilidad hacia el subsuelo kárstico característico de la región. Esta interacción entre arenas litorales recientes y calizas fracturadas profundas define un comportamiento hídrico particular en la zona, con un rápido tránsito del agua hacia el acuífero costero (Perry et al., 2009).

### IV.3.8. Geomorfología

El predio donde se desarrollará el proyecto *Casa Flores* se ubica dentro de una unidad geomorfológica clasificada como **planicies de acumulación**, una forma de relieve característica de la franja costera del norte de Yucatán. Estas planicies corresponden a superficies relativamente extensas, de pendiente mínima y origen acumulativo, formadas principalmente por la deposición continua de sedimentos arenosos, carbonatados y bioclásticos que se distribuyen por acción del oleaje, las corrientes litorales y el viento (INEGI, 2016). Debido a la baja energía tectónica de la región y al predominio de procesos sedimentarios recientes, estas planicies poseen una morfología suave y homogénea, sin cambios bruscos de elevación, lo que las convierte en terrenos típicos de ambientes costeros tropicales.

La acumulación de sedimentos sobre estas planicies responde a la dinámica marina y eólica que caracteriza al litoral yucateco. El oleaje deposita arenas carbonatadas en la franja de playa, mientras que los vientos dominantes del noreste y este transportan parte de ese material hacia el interior, formando mantos arenosos más estables conforme aumenta la cobertura vegetal. Con el paso del tiempo, estos procesos dan lugar a superficies ligeramente onduladas, pero esencialmente planas, donde se superponen capas de arena fina y materiales detríticos poco consolidados (Psuty & Moreira, 1992). En conjunto, la geomorfología del sitio evidencia un sistema sedimentario reciente y dinámico, representativo de la evolución costera de la península.

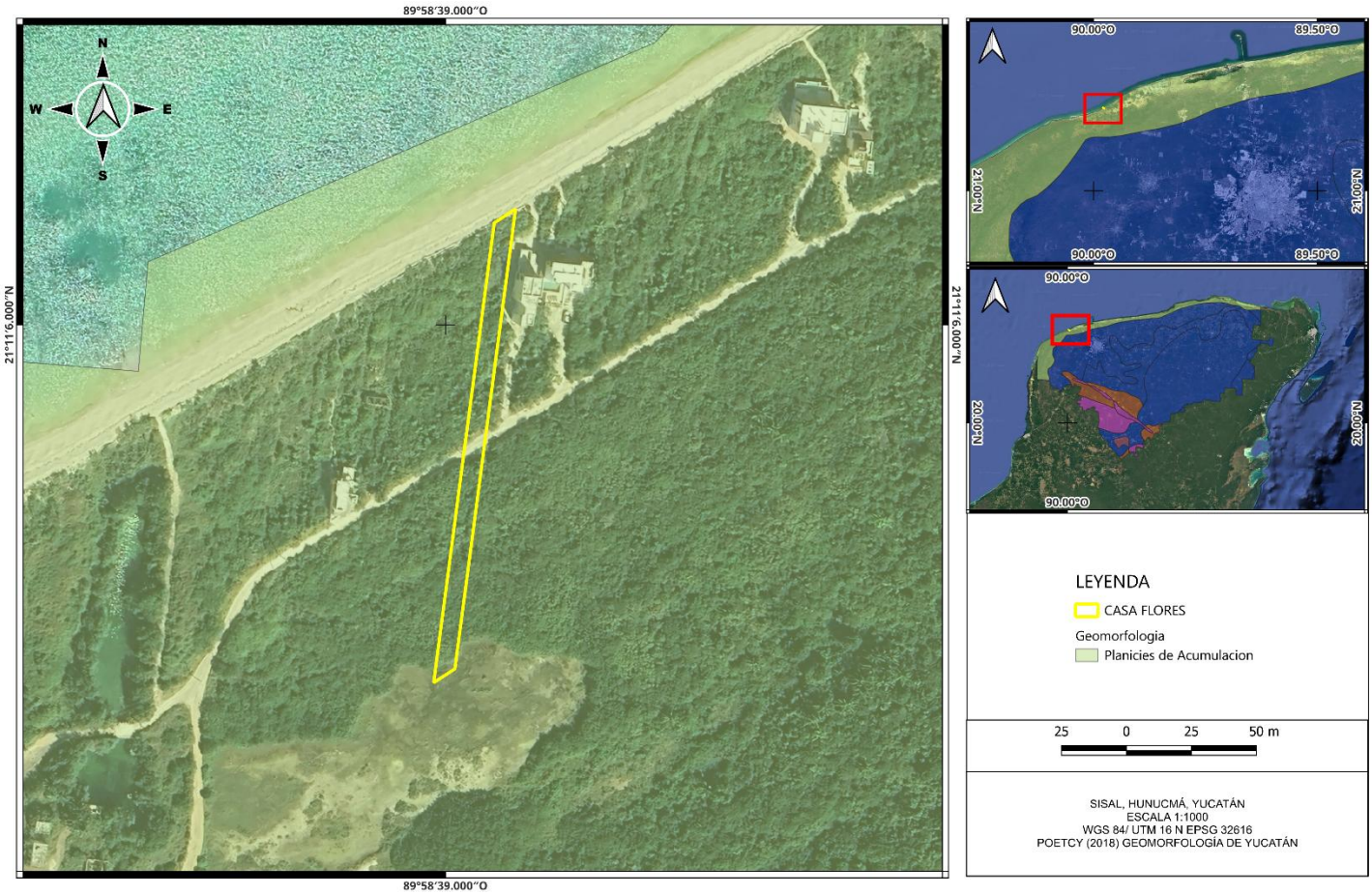



**Figura 8. Situación espacial del predio en función de las unidades de geomorfología registradas para el estado**

### IV.3.9. Edafología

Según la cartografía edafológica presentada en INEGI, el predio forma parte de la unidad edáfica **SCccsoh – ARcaso/2**, que indica la presencia de un suelo principal **Solonchak cálcico hipersódico** acompañado de un suelo secundario **Arenosol calcárico sódico**, ambos desarrollados sobre depósitos arenosos recientes y sujetos a condiciones de alta salinidad debido a la proximidad con la costa (INEGI, 2014). Los Solonchak son suelos típicos de ambientes litorales donde la evaporación excede a la precipitación, favoreciendo la acumulación de sales en el horizonte superficial. Su presencia en la zona refleja la interacción entre la intrusión salina del acuífero costero, la elevada evaporación y la escasa retención de agua en los sedimentos arenosos.

El Solonchak cálcico hipersódico se caracteriza por presentar textura **media**, altos contenidos de sodio intercambiable y carbonatos libres, lo que condiciona su estructura y su capacidad limitada para el desarrollo de vegetación de porte mayor (FAO, 2015). Estos suelos, aunque someros, permiten la proliferación de comunidades adaptadas a la salinidad, como matorrales costeros y pastizales halófitos. De manera complementaria, el Arenosol calcárico sódico aparece en zonas donde el sustrato presenta mayor dominancia arenosa y menor desarrollo edáfico; estos suelos poseen una estructura débil, alta porosidad y un drenaje extremadamente rápido, lo que coincide con la naturaleza móvil de los depósitos de la unidad Litoral.

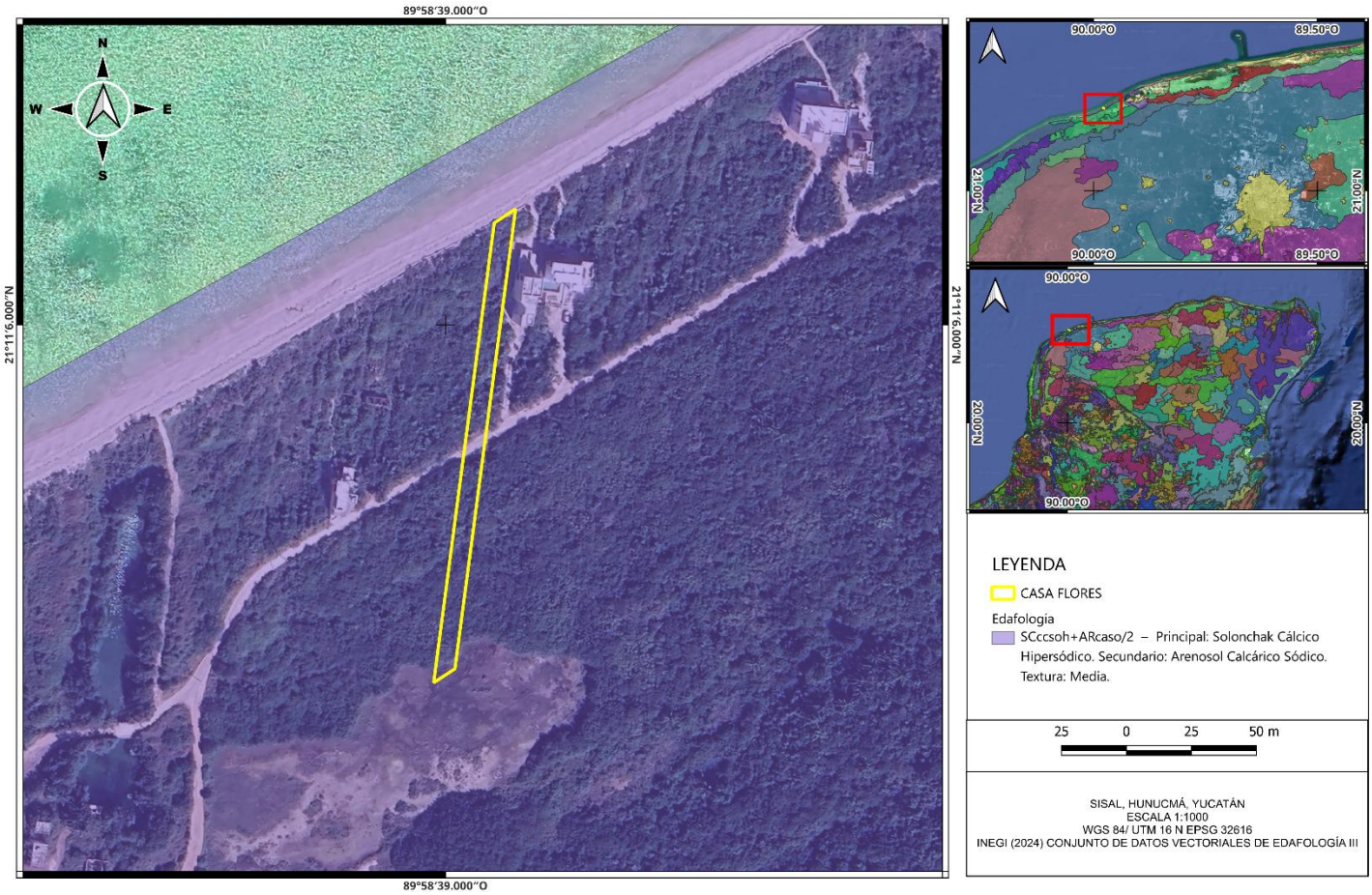



**Figura 9. Características edafológicas del área del proyecto**

La combinación de ambos tipos de suelos indica un escenario en el que predominan condiciones edáficas pobres en nutrientes, altamente permeables y con concentraciones elevadas de sales, factores que determinan la distribución de la vegetación nativa y condicionan el uso del suelo para fines constructivos. Tales características son consistentes con la ecología costera del norte de Yucatán y responden a la fuerte influencia marina sobre los procesos pedogenéticos locales.

### IV.3.10. Topografía

La topografía del área del proyecto se caracteriza por ser **prácticamente plana**, con variaciones mínimas en la elevación y pendientes muy suaves típicas de las planicies costeras de acumulación. La altitud promedio en el predio oscila entre los **2 y 4 metros sobre el nivel del mar**, sin presencia de elevaciones abruptas, escarpes o rasgos topográficos prominentes (INEGI, 2020). Esta condición obedece a la deposición continua de arenas y sedimentos carbonatados que han conformado una superficie estable y homogénea, donde los cambios microtopográficos son resultado directo del modelado eólico y, en menor medida, de la acumulación vegetal o de antiguos montículos dunares bajos.

La escasa variación altitudinal también determina un comportamiento hidrológico particular, pues las pendientes menores al 1 % generan una **infiltración casi total** del agua de lluvia hacia el subsuelo kárstico, sin que se formen corrientes superficiales permanentes. Asimismo, la planitud del terreno influye en la estabilidad

geomorfológica de las formaciones dunares cercanas, ya que cualquier perturbación puede modificar la movilidad o redistribución de los sedimentos en ausencia de barreras naturales relevantes. En conjunto, la topografía refuerza la condición costera sedimentaria del sitio y su integración dentro de un sistema plano, joven y altamente dinámico.

### IV.3.11. Geohidrología

El predio destinado al proyecto *Casa Flores* se localiza dentro de la unidad geohidrológica conocida como **Regiones Costeras**, caracterizada por la interacción directa entre el acuífero kárstico de la Península de Yucatán y la influencia marina del Golfo de México. Esta zona presenta un sistema hidrogeológico altamente permeable, donde el agua subterránea fluye a través de una matriz de calizas fracturadas y carstificadas que permiten una rápida infiltración y un flujo subterráneo predominantemente horizontal hacia la línea de costa (Perry et al., 2002). Por tratarse de un sistema kárstico costero, el nivel freático se encuentra somero y controlado por la topografía prácticamente plana, lo que genera variaciones mínimas en la profundidad del agua subterránea a lo largo del año.

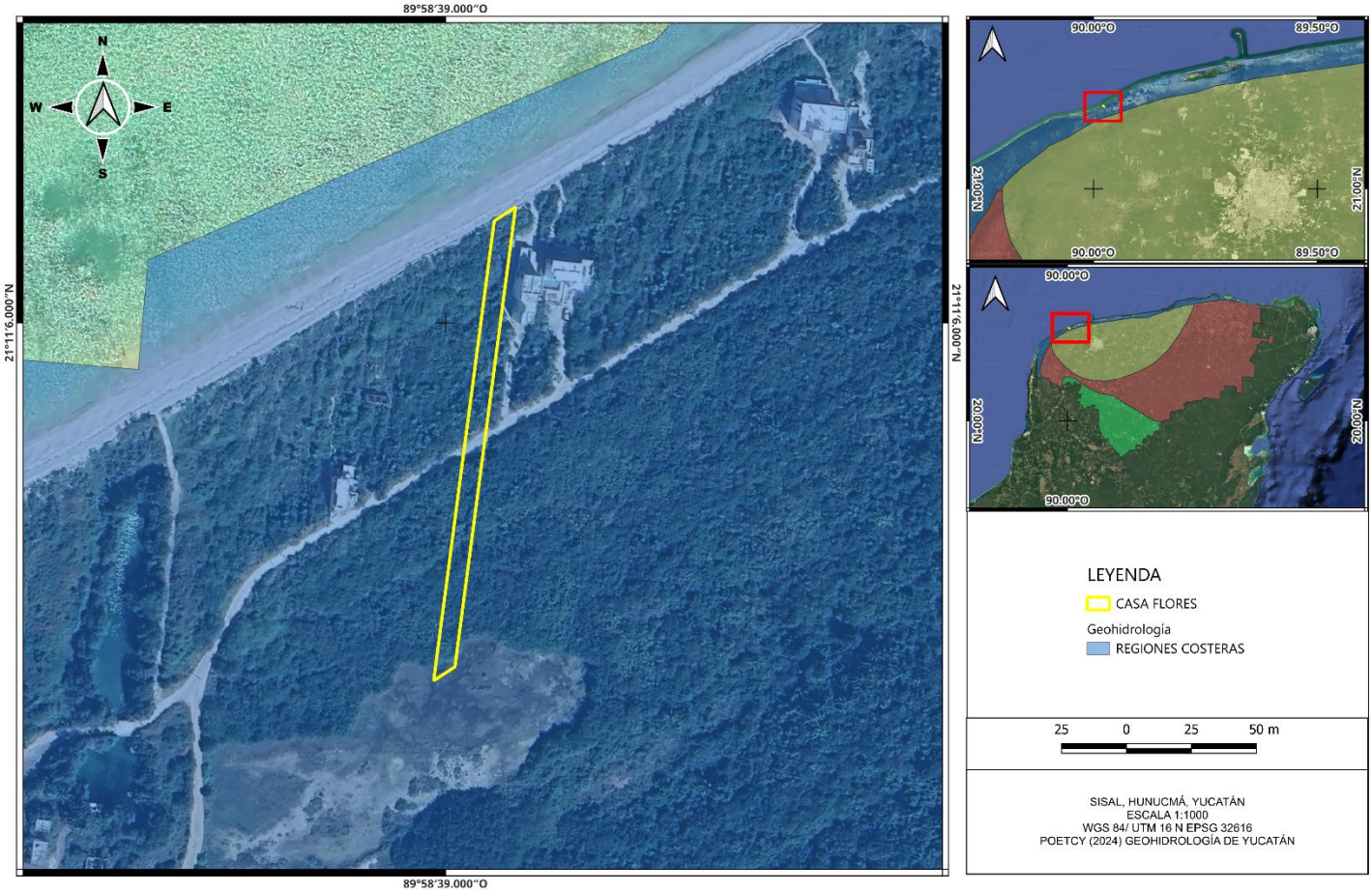



**Figura 10. Situación espacial del predio en función a las características hidrológicas de la región**

Una de las características distintivas de las Regiones Costeras es la presencia de un **lente de agua dulce flotando sobre agua salada**, fenómeno conocido como *Ghyben-Herzberg*, que se produce debido a la menor densidad del agua dulce en comparación con la marina. En áreas cercanas al litoral, como la zona de Sisal, este equilibrio

hidrodinámico es particularmente sensible a las fluctuaciones del nivel del mar, a la recarga pluvial y a los procesos de intrusión salina que pueden intensificarse durante temporadas de sequía o por la sobreexplotación del acuífero (Bauer-Gottwein et al., 2011). Esta condición hace que el acuífero costero sea vulnerable, pero al mismo tiempo altamente dinámico, con variaciones estacionales en el espesor del lente de agua dulce.

Además, el predominio de suelos arenosos —como los Solonchak y Arenosoles descritos previamente— favorece una **infiltración casi inmediata del agua de lluvia**, debido a su alta porosidad y escasa capacidad de retención hídrica. Ello reduce la escorrentía superficial y aumenta la recarga directa del acuífero, aunque también facilita el transporte vertical de sales u otros solutos hacia las capas profundas. En conjunto, la geohidrología del sitio se caracteriza por un sistema subterráneo somero, altamente vulnerable, regulado por la interacción entre procesos kársticos, salinidad marina y una intensa dinámica hidrológica costera.

### IV.3.12. Hidrografía

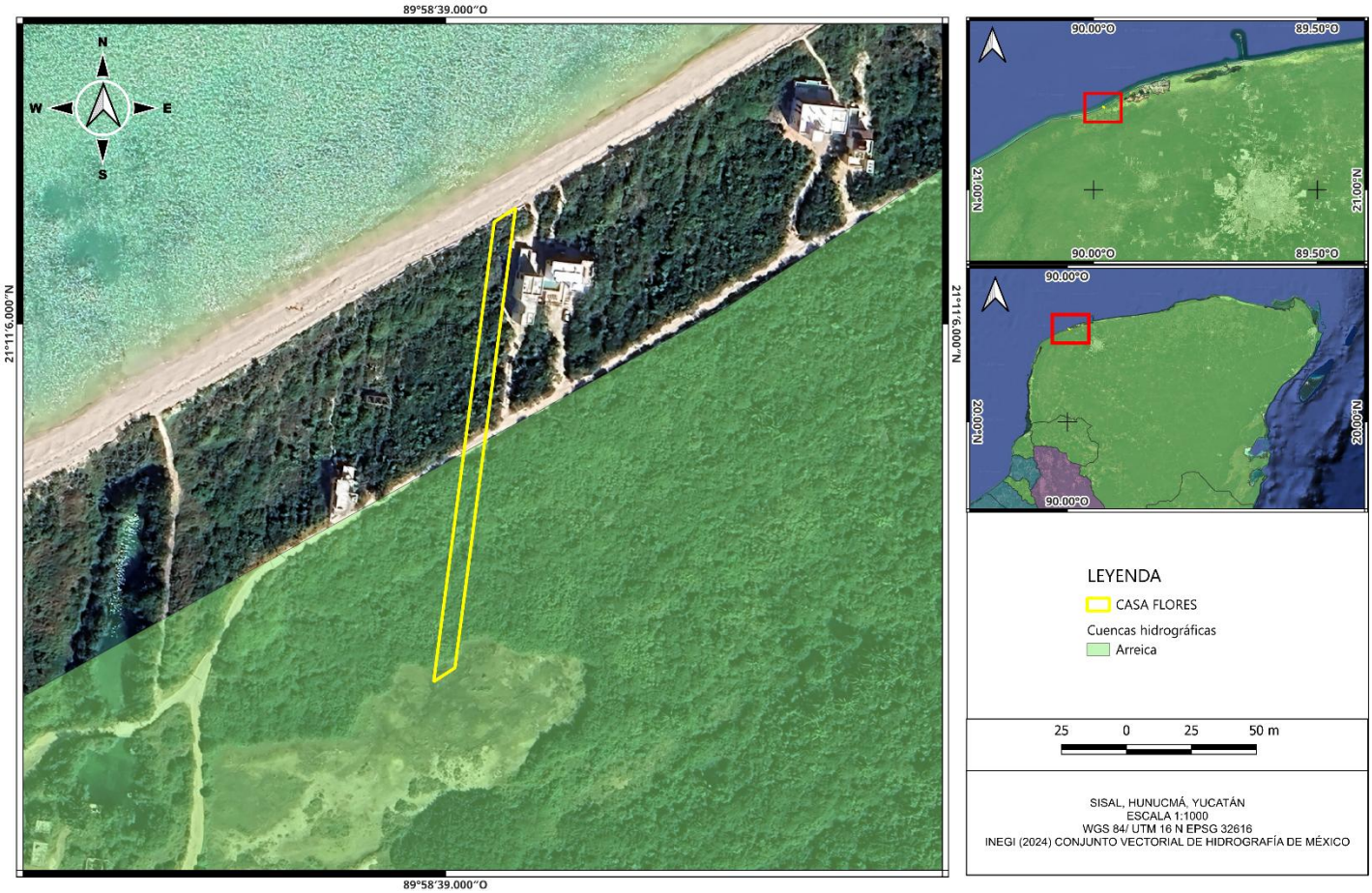



**Figura 11. Situación espacial del predio en función a la distribución de las cuencas hidrográficas en la zona**

Desde el punto de vista hidrológico superficial, el predio se ubica dentro de una **cuenca arreica**, es decir, una región donde no existen corrientes superficiales permanentes ni una red de drenaje definida. Las cuencas arreicas son típicas de zonas de elevada permeabilidad, como la planicie costera y kárstica del norte de Yucatán, donde el agua pluvial se infiltra rápidamente hacia el subsuelo antes de poder generar escurrimientos visibles (INEGI, 2020). Debido a la estructura geológica y edáfica del territorio, la presencia de ríos, arroyos, lagunas interiores o

cuerpos de agua superficiales es prácticamente inexistente, salvo en áreas donde se forman humedales o charcas temporales tras lluvias intensas.

En este tipo de regiones, la hidrografía superficial está completamente subordinada a la infiltración vertical y al comportamiento del acuífero subyacente. Durante la temporada de lluvias, el aumento del nivel freático puede favorecer la aparición de zonas encharcadas de corta duración, especialmente en microdepresiones naturales asociadas a antiguas formas dunares o acumulaciones de sedimentos. No obstante, estos cuerpos no forman parte de un sistema hidrológico superficial continuo, sino que representan fenómenos aislados y efímeros propios de la dinámica de las cuencas arreicas (Bautista et al., 2015).

Así, la ausencia de cauces y drenajes superficiales en el predio y su entorno inmediato es congruente con el funcionamiento hidrológico regional, donde el agua se incorpora rápidamente al sistema subterráneo y el paisaje permanece libre de escurrimientos permanentes. Esta característica es fundamental para comprender los procesos de recarga y la vulnerabilidad del acuífero costero, así como la forma en que los eventos pluviales interactúan con el medio físico local.

## IV.4. Caracterización biológica del sistema ambiental

### IV.4.1. Asociaciones vegetales y usos de suelo identificados en el sistema ambiental

El sistema ambiental definido para el proyecto **Casa Flores**, con una superficie total de **4,934,378.260 m²**, presenta una diversidad de asociaciones vegetales y usos de suelo características de la zona costera del norte de la península de Yucatán. La identificación de estas coberturas se realizó a partir de la **Carta de Uso de Suelo y Vegetación Serie VII del INEGI** (INEGI, 2020).

**Tabla 1. Asociaciones vegetales y usos de suelo identificados en el Sistema Ambiental**

| Vegetación o uso de suelo | Superficie (m²) |
|---|---|
| Acuícola | 219,548.769 |
| Asentamientos humanos | 1,396,005.862 |
| Sin vegetación aparente | 80,817.671 |
| Cuerpo de agua | 132,589.020 |
| Manglar | 117,757.466 |
| Vegetación secundaria arbustiva de manglar | 871,288.312 |
| Vegetación de dunas costeras | 2,116,371.159 |
| **TOTAL** | **4,934,378.260** |

La cobertura dominante dentro del sistema ambiental corresponde a la **vegetación de dunas costeras**, con **2,116,371.159 m²**. Este ecosistema se caracteriza por su alta dinámica geomorfológica, fuerte influencia marina y elevada exposición al viento, siendo fundamental para la estabilización de sedimentos y la protección contra fenómenos meteorológicos extremos (Espejel, 1984; Herrera-Silveira et al., 2010). Su extensión en la zona refleja el predominio de ambientes arenosos y la presencia de una duna costera activa y semi-fija.



**Figura 12. Perspectiva del Sistema Ambiental. Nótese las zonas con cobertura de vegetación de dunas costeras y asentamientos humanos adyacentes caracterizados por desarrollo de infraestructura urbana**

La segunda unidad más representativa son los **asentamientos humanos**, con **1,396,005.862 m²**, los cuales integran infraestructura urbana, vialidades y espacios modificados por actividades residenciales y de servicios, siendo la zona urbana de la localidad de Sisal el área más relevante. El incremento de esta categoría en la costa yucateca ha sido documentado como un factor de presión sobre ecosistemas sensibles, particularmente manglares y dunas (CONABIO, 2008).

La **vegetación secundaria arbustiva de manglar**, que cubre **871,288.312 m²**, corresponde a áreas donde la estructura original del manglar ha sido alterada, dando paso a comunidades de sucesión temprana o intermedia. Este tipo de vegetación constituye un amortiguamiento ecológico importante, ya que mantiene funciones de retención de sedimentos, captura de carbono y refugio para fauna asociada (Lara-Domínguez & Yáñez-Arancibia, 1999). Su presencia es indicativa de procesos de perturbación y regeneración ecológica.

La categoría **acuícola**, con **219,548.769 m²**, refleja zonas destinadas a actividades de cultivo controlado de organismos acuáticos, mientras que los **cuerpos de agua naturales**, con **132,589.020 m²**, corresponden a lagunas, canales y cuerpos de agua salobres característicos de sistemas estuarinos costeros del norte de Yucatán (Herrera-Silveira et al., 2004).

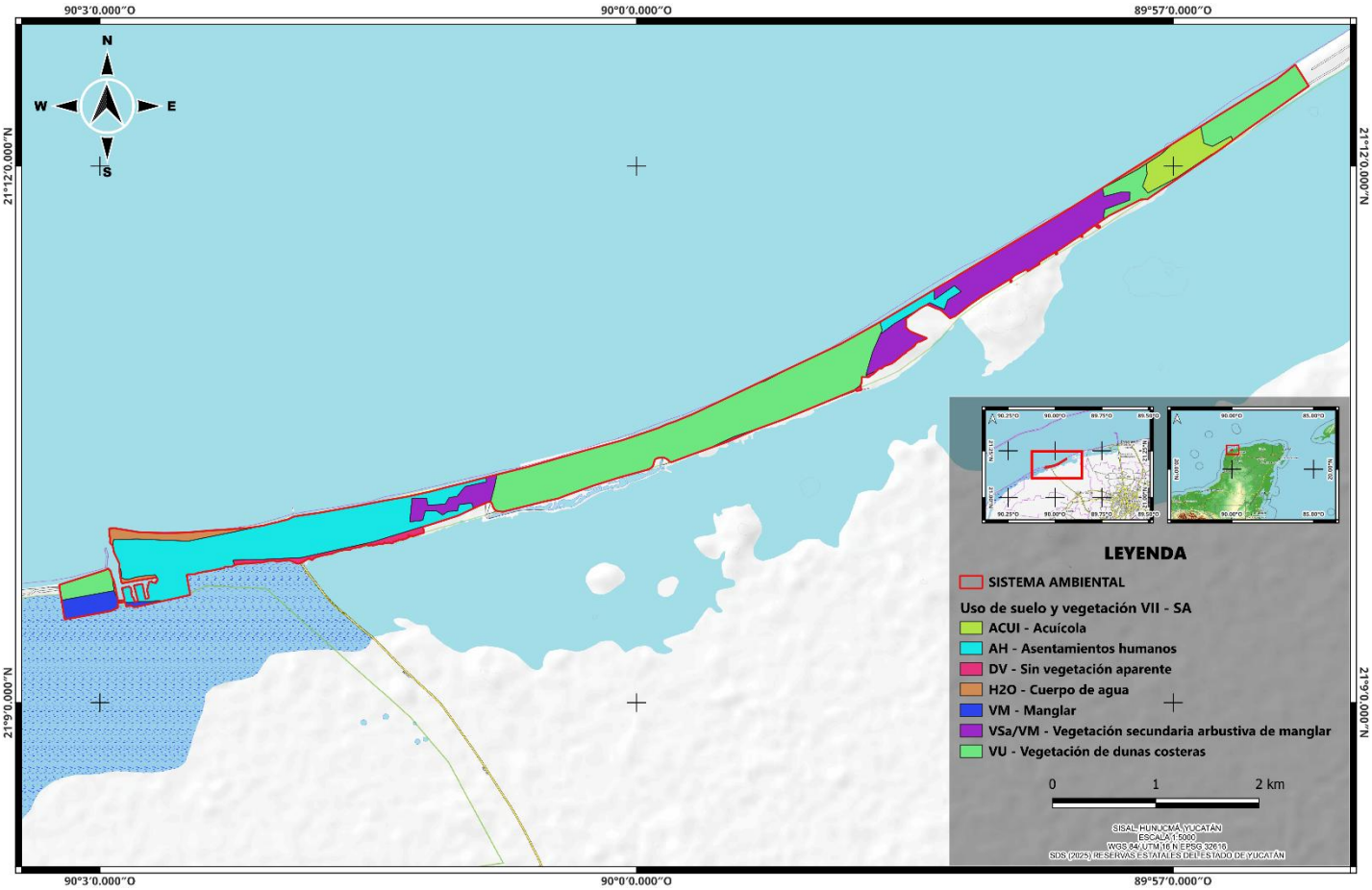



**Figura 13. Usos de suelo y vegetación identificadas en el Sistema Ambiental**

El **manglar conservado**, con **117,757.466 m²**, representa uno de los ecosistemas estratégicos de la región debido a su elevada productividad primaria, su papel en la protección contra tormentas y su función como criadero de numerosas especies de peces e invertebrados (Twilley et al., 1996). Aunque su extensión dentro del sistema ambiental es relativamente reducida, su importancia ecológica es desproporcionadamente alta.

Por último, la categoría de **suelo sin vegetación aparente**, con **80,817.671 m²**, integra superficies desnudas o transicionales sujetas a procesos erosivos, sedimentarios o a modificaciones recientes por actividades humanas.

En conjunto, la distribución espacial de las coberturas revela un paisaje compuesto por ecosistemas costeros de alto valor ambiental —particularmente dunas y manglares— en interacción con superficies antropizadas. Esta información proporciona un diagnóstico esencial para el análisis de impactos y para la formulación de medidas de prevención y mitigación del proyecto.

## IV.4.2. Estructura de la comunidad florística y faunística del Sistema Ambiental

### IV.4.2.1. Esfuerzo de muestreo en el Sistema Ambiental

La determinación del esfuerzo de muestreo se realizó mediante la expresión con corrección por población finita, apropiada cuando se conoce la extensión total del universo y se desea limitar el error de estimación al 5 % con un nivel de confianza del 95 % (Cochran, 1977; Krebs, 1999). La ecuación aplicada fue:

$$n = \mathrm{N} \times \frac{(Z^2)(p(1-p)}{(E^2)(N-1) + (Z^2)(p(1-p))}$$

**Donde: N = tamaño de la población (o superficie expresada en la misma unidad), Z = valor crítico de la normal (1.96 para 95 %), p = proporción esperada, E = proporción esperada, y p(1−p) = q**

| | |
|---|---|
| **N = $A_t$ = 4,934,378.260 m²**<br>**Z = 1.96 $Z^2$ = 3.8416**<br>***p* = 0.5 *p*(1 - *p*) = 0.25** | **E = 0.05 $E^2$ = 0.0025** |

$$n = 4,934,378.260 \times \frac{0.9604}{12336.90355} \qquad n = 384.160\ m^2$$

Por lo tanto, se tomará **384 m² para el diseño de muestreo de flora y fauna en el Sistema Ambiental.**

### IV.4.2.2. Flora del sistema Ambiental

Derivado del valor representativo adoptado para el sistema ambiental (≈ **384 m²**), el muestreo en campo se operacionalizó mediante la implementación de **cuatro cuadrantes de 10 × 10 m** por estación de muestreo. Cada cuadrante corresponde a una parcela de **100 m²**, y el conjunto de cuatro cuadrantes suma **400 m²**, lo que representa un ligero sobredimensionamiento frente al valor teórico de 384 m². Esta decisión obedece a criterios prácticos y metodológicos (Mueller-Dombois & Ellenberg, 1974; Kent, 2012).

La disposición espacial de los cuatro cuadrantes se estableció siguiendo un esquema sistemático con arranque aleatorio dentro de cada estación de muestreo,

Dentro de cada cuadrante 10 × 10 m se registraron todas las especies posibles presentes en el área, y se clasificaron en estratos arbóreos, arbustivos y herbáceos. Se realizó una comparación de las especies identificadas con la lista de especies mencionadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010.

Cabe señalar que, aunque la sustitución teórica de la fórmula produjo un valor representativo de **≈384.16 m²**, la operacionalización con 4 cuadrantes de 10 × 10 m (400 m²) garantiza sencillez logística y una cobertura ligeramente superior, factor que se considera conservador y metodológicamente aceptable.

**Tabla 2. Coordenadas UTM del vértice superior derecho de los cuadrantes establecidos para el Sistema Ambiental**

| Vértice superior derecho | X | Y |
|---|---|---|
| Cuadrante 1 | 184647.59 | 2343510.80 |
| Cuadrante 2 | 190607.00 | 2345396.00 |

| Vértice superior derecho | X | Y |
|---|---|---|
| Cuadrante 3 | 191298.88 | 2345800.84 |
| Cuadrante 4 | 193340.29 | 2347063.77 |

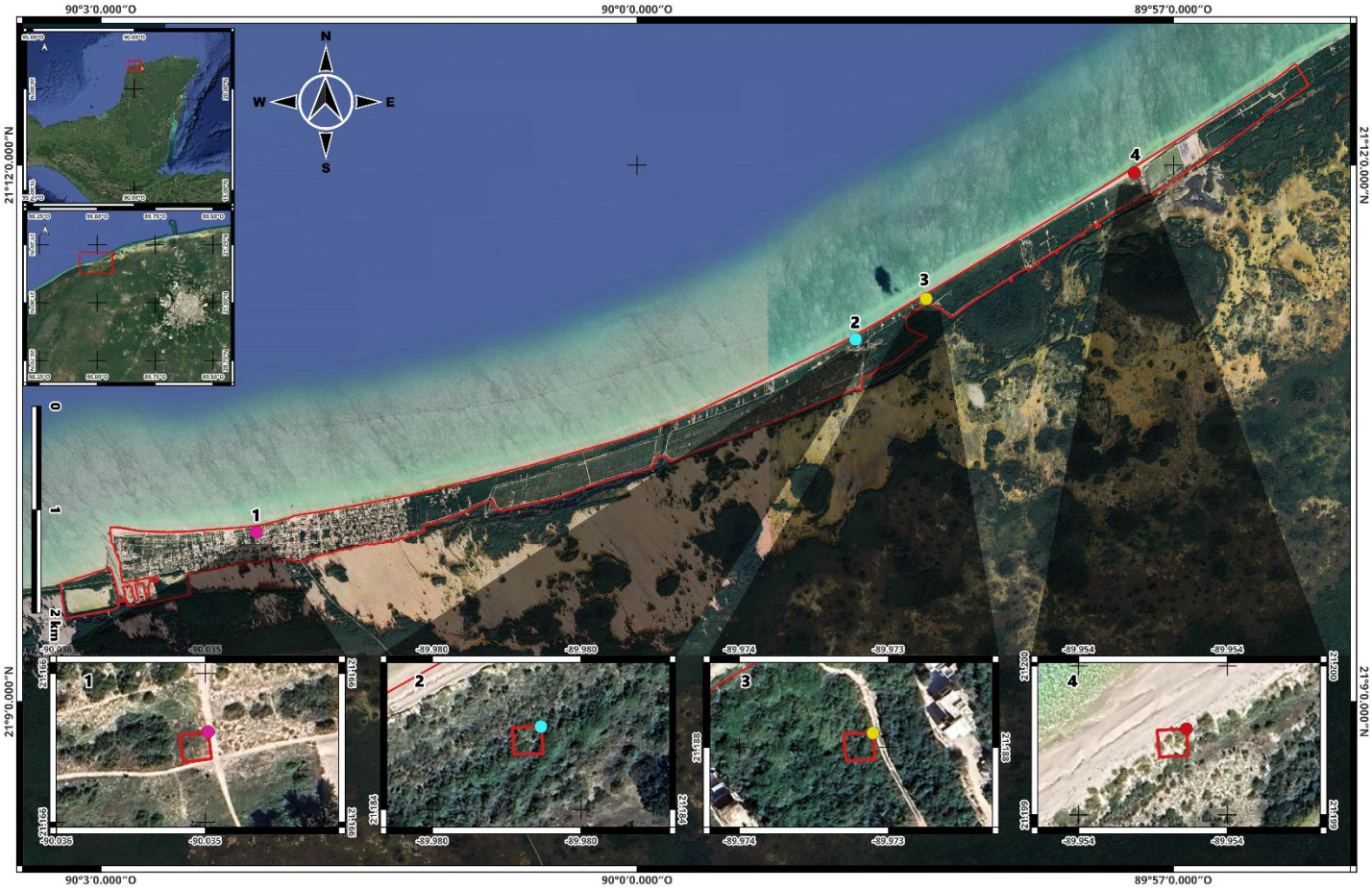



**Figura 14. Distribución de los cuadrantes establecidos para el Sistema Ambiental**

El levantamiento florístico realizado en el Sistema Ambiental registró un total de **15 especies de plantas**, pertenecientes a **14 familias botánicas**, lo cual refleja una diversidad moderada pero típica de los sistemas costeros del Golfo de México, donde las condiciones ambientales restrictivas —salinidad elevada, frecuentes anegamientos, alta exposición solar y movilidad del sustrato— limitan la riqueza de especies que logran establecerse y persistir (Lugo & Snedaker, 1974; Martínez et al., 2014). La composición florística del área corresponde principalmente a elementos de **manglar**, **vegetación de dunas costeras** y **matorrales halófitos**, asociaciones ampliamente documentadas para la costa norte de Yucatán (INEGI, 2017; Herrera-Silveira et al., 2020).

**Tabla 3. Listado florístico registrado para el Sistema Ambiental**

| Familia | Nombre científico | Nombre común | Arbóreo | Arbustivo | Herbáceo |
|---|---|---|---|---|---|
| Acanthaceae | *Avicennia germinans* | Mangle negro | X | | |

| Familia | Nombre científico | Nombre común | Arbóreo | Arbustivo | Herbáceo |
|---|---|---|---|---|---|
| | *Bravaisia berlandieriana* | Juluub | | X | |
| Anacardiaceae | *Metopium brownei* | Cheechem | | X | |
| Arecaceae | *Thrinax radiata* | Ch ' iit | | X | |
| Burseraceae | *Bursera simaruba* | Chaka | X | | |
| Combretaceae | *Conocarpus erectus* | Botoncillo | X | | |
| Fabaceae | *Haematoxylum campechianum* | Tinto | X | | |
| | *Pithecellobium keyense* | Ya ' ax k ' aax | | X | |
| Goodeniaceae | *Scaevola plumieri* | Chunup | | X | |
| Polugonaceae | *Coccoloba uvifera* | Uva de mar | | X | |
| Amaryllidaceae | *Hymenocallis littoralis* | Lirio | | | X |
| Rhizophoraceae | *Rhizophora mangle* | Mangle rojo | X | | |
| Sapotaceae | *Sideroxylon obtusifolium* | Zapotillo | | X | |
| Surianaceae | *Suriana marítima* | Pats'il | | X | |
| Capparaceae | *Quadrella incana* | Olivo | | X | |

La estructura de la vegetación muestra un predominio de especies **arbóreas y arbustivas**, lo cual es consistente con la presencia de sistemas de manglar y matorral costero, caracterizados por fisonomías densas y adaptaciones fisiológicas orientadas a la tolerancia a la salinidad y a la baja disponibilidad de nutrientes (Tomlinson, 1986; Pennington & Sarukhán, 2005). Dentro del estrato arbóreo destacan *Avicennia germinans* (mangle negro), *Rhizophora mangle* (mangle rojo), *Conocarpus erectus* (mangle botoncillo), *Bursera simaruba* (chaká), *Metopium brownei* (chechém) y *Thrinax radiata* (palma chi'it). Estas especies constituyen los elementos estructurales principales de los bosques costeros y cumplen funciones ecológicas esenciales, como la estabilización del sustrato, la captura de carbono y la provisión de hábitat para fauna acuática y terrestre (Alongi, 2012).

El estrato arbustivo está conformado por especies como *Bravaisia berlandieriana*, *Pithecellobium keyense*, *Scaevola plumieri*, *Coccoloba uvifera*, *Sideroxylon obtusifolium*, *Suriana maritima* y *Quadrella incana*. Todas estas especies presentan adaptaciones xerofíticas y psamofíticas documentadas para la vegetación de duna costera, incluyendo cutículas gruesas, hojas coriáceas, tolerancia a la aerosalinidad y capacidad de fijar sustratos arenosos inestables (Martínez & Moreno-Casasola, 1996). El componente herbáceo, menos diverso, está representado por *Hymenocallis littoralis*, especie asociada a ambientes arenosos húmedos y claros abiertos.

La estructura observada coincide con modelos ecológicos de zonación costera, donde la distribución de especies responde a gradientes de humedad, salinidad y exposición al oleaje (Pool et al., 1977; Jiménez & Sauter, 1991). Este patrón explica la coexistencia de manglares, matorrales halófitos y vegetación de duna en un espacio relativamente continuo, como es característico del litoral yucateco.

En materia normativa, se registraron **cuatro especies incluidas en la NOM-059-SEMARNAT-2010**, todas bajo la categoría de **Amenazada (A)**: *Rhizophora mangle*, *Avicennia germinans*, *Conocarpus erectus* y *Thrinax radiata*. La presencia de estas especies es de interés ambiental debido a que forman parte de comunidades consideradas de alta prioridad para la conservación por su papel en la protección costera, la productividad primaria y el mantenimiento de la biodiversidad (CONABIO, 2008). Su inclusión en la normatividad federal refuerza la

necesidad de establecer medidas de prevención y mitigación orientadas a preservar la integridad de estas comunidades durante las fases del proyecto. La **información del valor de importancia relativa** generado a partir de los muestreos para la comunidad se presenta a continuación:

Para el estrato arbóreo Se registró cinco especies, los valores más altos de IVI pertenecen a las especies *Avicennia germinans* (163.1250%), *Bursera simaruba* (51.25%) y *Conocarpus erectus* (49.1667%). Los valores de importancia (IVI) de las especies del estrato arbustivo se acotan a nueve especies, los valores más altos de IVI pertenecen a las especies *Metopium brownei* (70%), *Coccoloba uvifera* (50%) y *Pithecellobium keyense* (41%). Solo se registró una especie en el estrato herbáceo que corresponde a *Hymenocallis littoralis* (Lirio de playa).

**Tabla 4. Valor de Importancia (IVI). Estrato arbóreo del Sistema Ambiental**

| Especie | Dominancia | | Frecuencia | | Abundancia | | I. V. I. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Abundancia | Relativo | Abundancia | Relativo | Abundancia | Relativo | |
| *Avicennia germinans* | 2999974 | 60 | 2 | 33.3333 | 67 | 69.7917 | 163.1250 |
| *Bursera simaruba* | 999991 | 20 | 1 | 16.6667 | 14 | 14.5833 | 51.2500 |
| *Conocarpus erectus* | 999991 | 20 | 1 | 16.6667 | 12 | 12.5000 | 49.1667 |
| *Haematoxylum campechianum* | 0 | 0 | 1 | 16.6667 | 2 | 2.0833 | 18.7500 |
| *Rhizophora mangle* | 0 | 0 | 1 | 16.6667 | 1 | 1.0417 | 17.7083 |
| | **4999957** | **100** | **6** | **100** | **96** | **100** | **300** |

**Tabla 5. Valor de Importancia (IVI). Estrato arbustivo del Sistema Ambiental**

| Especie | Dominancia | | Frecuencia | | Abundancia | | I. V. I. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Abundancia | Relativo | Abundancia | Relativo | Abundancia | Relativo | |
| *Bravaisia berlandieriana* | 10 | 21 | 1 | 9 | 1 | 3 | 33 |
| *Metopium brownei* | 6.6 | 14 | 2 | 18 | 13 | 38 | 70 |
| *Thrinax radiata* | 1 | 2 | 1 | 9 | 1 | 3 | 14 |
| *Quadrella incana* | 1 | 2 | 1 | 9 | 1 | 3 | 14 |
| *Pithecellobium keyense* | 11 | 23 | 1 | 9 | 3 | 9 | 41 |
| *Scaevola plumieri* | 3.5 | 7 | 1 | 9 | 2 | 6 | 22 |
| *Coccoloba uvifera* | 8.5 | 18 | 1 | 9 | 8 | 24 | 50 |
| *Sideroxylon obtusifolium* | 3 | 6 | 2 | 18 | 4 | 12 | 36 |
| *Suriana maritima* | 3 | 6 | 1 | 9 | 1 | 3 | 18 |
| | **47.6** | **100** | **11** | **100** | **34** | **100** | **300** |

De acuerdo con los resultados, la diversidad florística del estrato arbóreo se acotó a 0.9199, mientras que la diversidad máxima que pudiese alcanzar es de 1.6094, por lo que aún está muy lejos de alcanzar la máxima diversidad esperada. La equitatividad (E) puede entenderse como que: tan uniformemente están distribuidos los individuos entre las especies (Newman, 2003). Esto es, refleja la distribución de individuos entre especies

(Clements y Newman, 2002). Se puede medir comparando la diversidad observada en una comunidad contra la diversidad máxima posible de una comunidad hipotética con el mismo número de especies. Respecto a la flora de sistema ambiental la equidad fue de 0.5716 se distribuye prácticamente de manera equitativa, salvo por algunas especies dominantes.

**Tabla 6. Análisis de diversidad de las especies dele estrato arbóreo**

| Especie | Abundancia absoluta | Pi | Ln (pi) | Pi * ln (pi) |
|---|---|---|---|---|
| *Avicennia germinans* | 67 | 0.6979 | -0.3597 | 0.2510 |
| *Bursera simaruba* | 14 | 0.1458 | -1.9253 | 0.2808 |
| *Conocarpus erectus* | 12 | 0.1250 | -2.0794 | 0.2599 |
| *Haematoxylum campechianum* | 2 | 0.0208 | -3.8712 | 0.0807 |
| *Rhizophora mangle* | 1 | 0.0104 | -4.5643 | 0.0475 |
| | **96** | **1** | **-12.7999** | **0.9199** |
| | | | **Shannon (H')** | **0.9199** |
| | | | **Riqueza** | **5** |
| | | | **H max** | **1.6094** |
| | | | **Equidad (J')** | **0.5716** |
| | | | **Margalef (Mg)** | **0.8764** |

La diversidad florística del estrato arbustivo fue de 1.7556, mientras que la diversidad máxima que pudiese alcanzar es de 2.1972, por lo que aún está muy lejos de alcanzar la máxima diversidad esperada. La equitatividad (E) puede entenderse como que: tan uniformemente están distribuidos los individuos entre las especies (Newman, 2003). Esto es, refleja la distribución de individuos entre especies (Clements y Newman, 2002). Se puede medir comparando la diversidad observada en una comunidad contra la diversidad máxima posible de una comunidad hipotética con el mismo número de especies. La equidad fue de 0.7989 e indica poblaciones equitativas.

**Tabla 7. Análisis de diversidad de las especies dele estrato arbustivo**

| Especie | Abundancia absoluta | Pi | Ln (pi) | Pi * ln (pi) |
|---|---|---|---|---|
| *Bravaisia berlandieriana* | 1 | 0.0294 | -3.5264 | 0.1037 |
| *Metopium brownei* | 13 | 0.3824 | -0.9614 | 0.3676 |
| *Thrinax radiata* | 1 | 0.0294 | -3.5264 | 0.1037 |
| *Quadrella incana* | 1 | 0.0294 | -3.5264 | 0.1037 |
| *Pithecellobium keyense* | 3 | 0.0882 | -2.4277 | 0.2142 |
| *Scaevola plumieri* | 2 | 0.0588 | -2.8332 | 0.1667 |
| *Coccoloba uvifera* | 8 | 0.2353 | -1.4469 | 0.3405 |
| *Sideroxylon obtusifolium* | 4 | 0.1176 | -2.1401 | 0.2518 |
| *Suriana maritima* | 1 | 0.0294 | -3.5264 | 0.1037 |
| | **34** | **1.0000** | **-23.9148** | **1.7556** |
| | | | **Shannon (H')** | **1.7556** |
| | | | **Riqueza** | **9** |
| | | | **H max** | **2.1972** |
| | | | **Equidad (J')** | **0.7989** |
| | | | **Margalef (Mg)** | **2.2686** |

Con la finalidad de presentar un análisis estadístico que justifique el diseño y tamaño de la muestra o esfuerzo de muestreo, en cuanto a la representatividad de la muestra, las características del o los tipos de vegetación, se utilizó el método no paramétrico de Curva de Acumulación de Especies. A continuación, se presenta la curva de acumulación obtenida para los cinco sitios de muestreo realizados, tomando en cuanto la totalidad de las especies de los dos estratos.

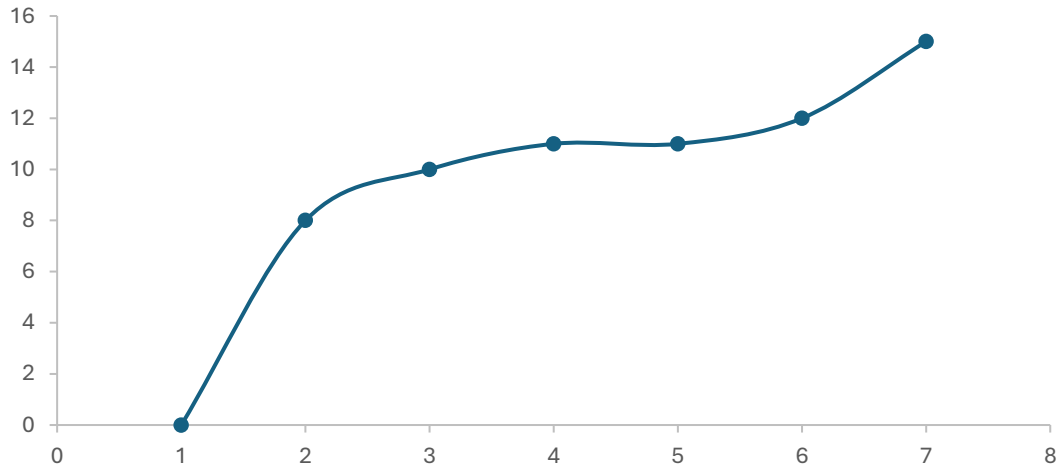



**Figura 15. Curva de acumulación de especies para el Sistema Ambiental**

### IV.4.2.3. Fauna del sistema Ambiental

La caracterización de la fauna asociada al Sistema Ambiental se realizó mediante un diseño de muestreo compatible con el esfuerzo aplicado para la vegetación, considerando una **superficie representativa equivalente a 384 m²**, derivada de la fórmula para cálculo de muestra en poblaciones finitas (Cochran, 1977). Para garantizar la detectabilidad de grupos con movilidad variable, dicha superficie se distribuyó en **cuatro transectos lineales**, cada uno con **una longitud aproximada de 100 metros**, establecidos bajo el enfoque de **transectos sin ancho fijo** (sin límite de distancia perpendicular), siguiendo los criterios del método de **"transecto de búsqueda libre" o "recorrido visual asistido"** (Crump & Scott, 1994; Buckland et al., 2001).

**Tabla 8. Coordenadas UTM del punto de inicio y cierre de los transectos trazados para fauna**

| Transecto | Inicio | | Final | |
|---|---|---|---|---|
| | X | Y | X | Y |
| **1** | 183406.85 | 2343546.38 | 183505.34 | 2343546.38 |
| **2** | 188138.72 | 2344245.86 | 188231.98 | 2344273.42 |
| **3** | 191589.12 | 2345653.24 | 191667.07 | 2345714.77 |
| **4** | 194546.86 | 2347879.40 | 194588.67 | 2347801.90 |

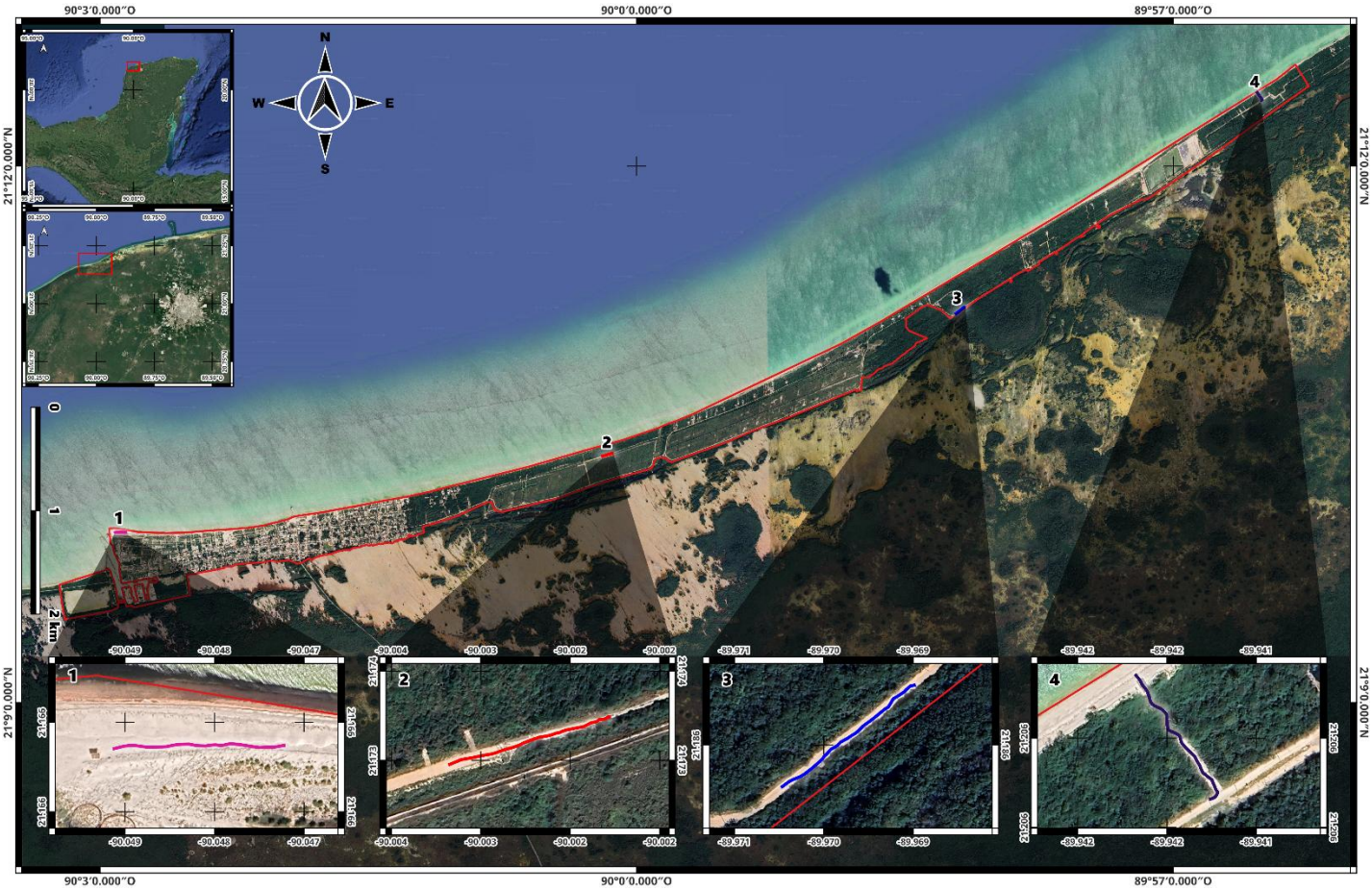



**Figura 16. Distribución de los transectos establecidos para el Sistema Ambiental**

Este enfoque es especialmente adecuado en ambientes costeros con vegetación heterogénea, donde la densidad de individuos es baja, los microhábitats están ampliamente distribuidos y los desplazamientos de fauna pueden ser estacionales o depender del ciclo de mareas. Los transectos se recorrieron a velocidad constante, durante horarios matutinos y vespertinos, favoreciendo la detección auditiva y visual de aves, así como la observación directa de reptiles, anfibios y mamíferos mediante rastros, huellas o avistamientos oportunistas (Sutherland, 2006). La metodología no fija un ancho de banda porque la detectabilidad decrece de manera natural con la distancia al transecto, pero permite corregir el esfuerzo real mediante la delimitación de la superficie teórica representada por los 384 $m^2$ del tamaño de muestra calculado.

El diseño empleado se sustenta en los principios del muestreo para comunidades de vertebrados en paisajes amplios, donde las poblaciones presentan una distribución agregada y frecuentemente de baja densidad (Thompson, 2012). En estos casos, los transectos lineales maximizan la probabilidad de encuentro respecto a métodos puntuales, especialmente en entornos de **duna costera, manglar y matorral halófilo**, que suelen presentar baja abundancia, elevados refugios naturales y patrones marcados de actividad diurna o crepuscular (Monterrubio-Rico & Escalante, 2006).

La aplicación del diseño de muestreo permitió registrar elementos representativos de **cuatro grupos faunísticos**: **anfibios**, **reptiles**, **aves** y **mamíferos**. Las aves constituyeron el grupo más diverso, lo cual es consistente con los sistemas costeros del norte de Yucatán, que funcionan como corredores biológicos y áreas de alimentación para

especies residentes y migratorias (Howell & Webb, 1995). Los reptiles y anfibios mostraron mayor afinidad por zonas de manglar y sustratos húmedos, mientras que los mamíferos detectados corresponden principalmente a especies oportunistas o de hábitos nocturnos típicas de ambientes costeros antropizados (Ceballos & Oliva, 2005).

El levantamiento faunístico realizado en el Sistema Ambiental permitió documentar la composición de vertebrados presentes durante el periodo de muestreo, integrando observaciones directas, registros acústicos (cantos y llamados) y evidencia indirecta. En total, se obtuvo un conjunto representativo de especies característico de los sistemas costeros de la Península de Yucatán, donde la heterogeneidad estructural de la vegetación favorece la presencia de ensambles faunísticos especializados y otros de amplia tolerancia ecológica (Howell & Webb, 1995; Lee, 1996). Los registros obtenidos reflejan patrones consistentes con ecosistemas sujetos a alta influencia marina, elevada exposición a disturbios naturales y presión humana variable, condiciones que determinan la riqueza, abundancia y distribución de Las especies observadas. A continuación, se presentan los resultados por grupo taxonómico.

El esfuerzo de muestreo aplicado en los cuatro transectos permitió registrar un total de **seis especies de reptiles**, pertenecientes a **cinco familias**, sin detectarse anfibios durante los recorridos. La ausencia de anfibios es consistente con las condiciones ambientales del sistema costero —alta salinidad, escasa disponibilidad de agua dulce permanente y sustratos arenosos— que limitan la presencia de este grupo (Duellman & Trueb, 1994).

Las especies registradas corresponden a componentes típicos de ambientes costeros del Caribe y la Península de Yucatán (Lee, 1996), predominando **lagartijas heliotérmicas** y especies de hábitos generalistas. Las familias **Teiidae**, **Phrynosomatidae** e **Iguanidae** representaron la mayor parte de las observaciones, destacando *Ameiva undulata* y *Ctenosaura similis* con 3 individuos cada uno y *Sceloporus chrysostictus* con 2 individuos. La presencia de *Hemidactylus frenatus*, especie exótica e invasora ampliamente extendida en zonas urbanas y periurbanas (Baker et al., 2020), refleja la influencia antrópica en el Sistema Ambiental.

**Tabla 9. Listado de anfibios y reptiles registrados en el Sistema Ambiental**

| Anfibios y reptiles | | | Abundancia | NOM-059-SEMARNAT-2010 | Situación según distribución |
|---|---|---|---|---|---|
| **Familia** | **Especie** | **Nombre común** | | | |
| Teiidae | *Ameiva undulata* | Lagartija arcoiris | 3 | | |
| | *Cneminophorus angusticeps* | Huico yucateco | 1 | | |
| Phrynosomatidae | *Sceloporus chrysostictus* | Lagartija espinosa de puntos amarillos | 2 | | |
| | *Sceloporus cozumelae* | Lagartija espinosa de Cozumel | 1 | **Pr** | |
| Iguanidae | *Ctenosaura similis* | Iguana negra espinosa | 3 | **A** | |
| Gekkonidae | *Hemidactylus frenatus* | Besucona asiática | 2 | | **Exótica-invasora** |

Respecto a especies en alguna categoría de riesgo según la **NOM-059-SEMARNAT-2010** se registró **una especie** catalogada como Sujeta a protección especial, y una catalogada como Amenazada, en el caso de *S. cozumelae*, el registro coincide con la distribución conocida para la costa norte de Yucatán y ambientes arenosos asociados a vegetación de duna (SEMARNAT, 2010).

Los valores de diversidad obtenidos evidencian una comunidad de reptiles **diversa y relativamente equilibrada**, pese a la baja abundancia absoluta (12 individuos). El **índice de Shannon (H' = 1.7046)** indica diversidad intermedia, comparable a la registrada para ambientes costeros similares (Martínez-Sánchez et al., 2018). La **equidad de Pielou (J' = 0.9513)** revela que las abundancias específicas se distribuyen de manera uniforme, sin dominancia marcada. Asimismo, el **índice de Margalef (Dmg = 2.0121)** indica una riqueza específica congruente con muestreos de pequeña escala en ecosistemas de duna y matorral costero.

**Tabla 10. Análisis de diversidad para el grupo de reptiles y anfibios en el Sistema Ambiental**

| | | |
|---|---|---|
| **Diversidad** | **$H' = -\sum pi\ lnpi$** | **1.7046** |
| **Equidad** | **$J' = H'/H_{max}$** | **0.9513** |
| **Índice de Margalef (Dmg)** | **Dmg = (S - 1)/ ln(N)** | **2.0121** |

En conjunto, los resultados sugieren que el Sistema Ambiental alberga una comunidad de reptiles estructurada, funcional y representativa de los ambientes costeros de Yucatán, con presencia simultánea de especies nativas, una especie exótica-invasora y una especie de interés para conservación, lo que es relevante para la valoración ambiental del sitio.

Por otra parte, el muestreo registró una **comunidad de aves notablemente diversa** y numerosa para el área examinada, con **especies residentes, especies ligadas a hábitats costeros y playeros, y elementos migratorios**. En conjunto, las observaciones arrojaron una mayor riqueza y abundancia relativa en comparación con los demás grupos faunísticos muestreados; esto se refleja en los índices calculados para aves que señalan una comunidad diversa y con una distribución de abundancias relativamente equitativa entre las especies registradas (Magurran, 2004; Sutherland, 2006).

**Tabla 11. Listado de aves registradas en el Sistema Ambiental**

| Aves | | | Abundancia | NOM-059-SEMARNAT-2010 | Situación según distribución |
|---|---|---|---|---|---|
| **Familia** | **Especie** | **Nombre común** | | | |
| Odontophoridae | *Colinus nigrogularis* | Codorniz yucateca | 4 | | **Cuasiendémica** |
| Fregatidae | *Fregata magnificens* | Fragata tijereta | 3 | | |
| Pelecanidae | *Pelecanus occidentalis* | Pelícano café | 4 | | |
| Laridae | *Leucophaeus atricilla* | Gaviota reidora | 11 | | |
| Scolopacidae | *Calidris alba* | Playero blanco | 1 | | |
| | *Calidris mauri* | Playero occidental | 6 | | |
| | *Tringa semipalmata* | Playero pihuiuí | 4 | | |
| Caprimulgidae | *Chordeiles acutipennis* | Tapacamino | 1 | | |
| Columbidae | *Zenaida asiatica* | Páloma alas blancas | 2 | | |
| | *Columbina talpacoti* | Tortolita canela | 1 | | |
| | *Columbina passerina* | Tortolita pico rojo | 2 | | |
| Cuculidae | *Crotophaga sulcirostris* | Garrapatero pijuy | 7 | | |
| Apodidae | *Chaetura vauxi* | Vencejo de vaux | 1 | | |

| Aves | | | Abundancia | NOM-059-SEMARNAT-2010 | Situación según distribución |
|---|---|---|---|---|---|
| **Familia** | **Especie** | **Nombre común** | | | |
| Trochilidae | *Doricha eliza* | Colibrí tijereta mexicano | 2 | **P** | **Endémica** |
| | *Amazilia rutila* | Colibrí canelo | 1 | | |
| Cathartidae | *Cathartes aura* | Zopilote aura | 2 | | |
| Picidae | *Melanerpes aurifrons* | Carpintero cheje | 1 | | |
| Psittacidae | *Eupsittula nana* | Perico pecho sucio | 2 | **Pr** | |
| Tyrannidae | *Myiozetetes similis* | Luisito común | 2 | | |
| | *Pitangus sulfuratus* | Luís bienteveo | 1 | | |
| | *Tyrannus melancholicus* | Tirano piriri | 2 | | |
| Corvidae | *Cyanocorax yucatanicus* | Chara yucateca | 5 | | |
| Silviidae | *Polioptila albiventris* | Perlita yucateca | 2 | | |
| Mimidae | *Melanoptila glabrirostris* | Maullador negro | 1 | | |
| | *Mimus gilvus* | Cenzontle tropical | 3 | | |
| Icteridae | *Icterus cucullatus* | Calandria dorso negro menor | 2 | | **Semiendémica** |
| | *Quiscalus mexicanus* | Zanate mayor | 6 | | |
| Troglodytidae | *Campylorhynchus yucatanicus* | Matraca yucateca | 2 | **P** | |
| Cardinalidae | *Cardinalis cardinalIs* | Cardenal rojo | 2 | | |

Entre las especies de mayor abundancia se encuentran ***Leucophaeus atricilla*** con 11 individuos y ***Crotophaga sulcirostris***, ***Quiscalus mexicanus*** y ***Cyanocorax yucatanicus*** con siete, seis y cinco individuos registrados respectivamente. Los playeros *Calidris mauri*, *Tringa semipalmata* y *Calidris alba* confirman la importancia de las playas y franjas intermareales como sitios de alimentación y paso migratorio (Buckland et al., 2001; Howell & Webb, 1995).

**Tabla 12. Análisis de diversidad para el grupo aves en el Sistema Ambiental**

| | | |
|---|---|---|
| **Diversidad** | **H' = -∑ pi lnpi** | **3.1174** |
| **Equidad** | **J' = H'/$H_{max}$** | **0.9258** |
| **Índice de Margalef (Dmg)** | **Dmg = (S - 1) / ln(N)** | **6.3365** |

Respecto a especies de interés biogeográfico y de conservación, el registro incluye **taxones de distribución restringida** o de importancia regional: *Colinus nigrogularis* clasificada como cuasiendémica en el área; *Doricha eliza* marcada en el inventario como endémica; e *Icterus cucullatus*, considerada semiendémica. Además, aparecen especies con estatus de interés para su conservación según la **NOM-SEMARNAT-059-2010**, lo que obliga a considerar medidas de conservación y mitigación durante las fases del proyecto. El conjunto de registros sugiere la coexistencia de **especies asociadas a ecosistemas terrestres** (*Melanerpes aurifrons*, *Campylorhynchus yucatanicus*), **especies costeras y marinas** (*Fregata magnificens*, *Pelecanus occidentalis*) y **generalistas** (*Quiscalus mexicanus*, *Columbina passerina*), reflejando heterogeneidad en el hábitat (Howell & Webb, 1995; Sutherland, 2006).

La elevada equidad sugiere hábitats relativamente heterogéneos y a la ocurrencia de recursos distribuidos espacialmente (alimentación, perchas, zonas de anidación) que permiten mantener poblaciones estables de múltiples especies (Magurran, 2004). Para el análisis de impacto, la presencia de especies migratorias y de aves asociadas a cuerpos de agua y a manglar resalta la necesidad de minimizar alteraciones en franjas litorales y sitios de alimentación.

Por último, se detectó **ocho especies de mamíferos** con evidencia directa e indirecta (observaciones, huellas, rastros), con una composición dominada por **mesomamíferos oportunistas** y un componente representado por fauna sinantrópica. Las abundancias registradas muestran a ***Procyon lotor*** como la especie más observada, seguido de ***Didelphis virginiana*** y ***Urocyon cinereoargenteus***. También se detectaron roedores edáficos (***Heterogeomys hispidus***) y carnívoros de mediano porte como ***Conepatus semistriatus***. Adicionalmente, se consignaron **especies domésticas exóticas** cuya presencia indica una influencia antropogénica sobre las dinámicas faunísticas locales (Ceballos & Oliva, 2005).

**Tabla 13. Listado de mamíferos registrados en el Sistema Ambiental**

| Mamíferos | | | Abundancia | NOM-059-SEMARNAT-2010 | Situación según distribución |
|---|---|---|---|---|---|
| **Familia** | **Especie** | **Nombre común** | | | |
| Didelphidae | *Didelphis virginiana* | Tlacuache | 4 | | |
| Geomyidae | *Heterogeomys hispidus* | Tuza | 2 | | |
| Mephitidae | *Conepatus semistriatus* | Zorrillo | 1 | | |
| Procyonidae | *Procyon lotor* | Mapache | 7 | | |
| Canidae | *Urocyon cinereoargenteus* | Zorra gris | 4 | | |
| | *Canis lupus familiaris* | Perro doméstico | 5 | | **Exótica-invasora** |
| Felidae | *Felis catus* | Gato doméstico | 2 | | **Exótica-invasora** |

Los índices de diversidad calculados para mamíferos muestran una **diversidad moderada** con alta equidad: la comunidad no está fuertemente dominada por una sola especie, pese a la presencia destacada del mapache. Este patrón es típico de paisajes con elementos naturales intercalados con áreas antropizadas, donde especies oportunistas y generalistas logran explotar recursos brindados por asentamientos humanos y bordes de vegetación (Ceballos & Oliva, 2005; Sutherland, 2006).

**Tabla 14. Análisis de diversidad para el grupo de mamíferos en el Sistema Ambiental**

| | | |
|---|---|---|
| **Diversidad** | **$H' = -\sum pi \ln pi$** | **1.7976** |
| **Equidad** | **$J' = H'/H_{max}$** | **0.9238** |
| **Índice de Margalef (Dmg)** | **$Dmg = (S - 1)/ \ln(N)$** | **1.8640** |

Desde la perspectiva de conservación, no se registraron especies estrictamente protegidas en la lista suministrada, aunque la documentación de mamíferos nativos (tlacuache, mapache, zorro, tuza) aporta información relevante sobre conectividad ecológica y funcionamiento trófico del Sistema Ambiental. La presencia de perros y gatos domésticos exige consideración en las medidas de manejo, pues estas especies influyen

negativamente en aves y pequeños mamíferos por depredación directa y transmisión de enfermedades (Loss et al., 2013).

En conjunto, los resultados sobre mamíferos indican una comunidad influenciada por la cercanía de asentamientos humanos, con presencia de fauna nativa adaptada a mosaicos antropogénicos y con riesgos potenciales derivados de especies domésticas. Para la evaluación de impactos se sugiere integrar medidas de control de fauna sinantrópica y salvaguarda de corredores y refugios naturales que permitan mantener a las poblaciones nativas.

## IV.5. Caracterización biológica del área de influencia

### IV.5.1. Asociaciones vegetales y usos de suelo identificados en el sistema ambiental

El área de influencia total abarca una superficie de **294 116.00 m² (29.41 ha)**, dentro de la cual se incluyen distintos tipos de cobertura y uso de suelo conforme a la **carta de Uso del Suelo y Vegetación Serie VII (INEGI, 2020)**. Este análisis permitió reconocer una combinación de ambientes naturales y transformados que reflejan la transición ecológica y funcional típica del litoral de **Sisal**, donde convergen ecosistemas costeros de alta fragilidad con zonas urbanas consolidadas.

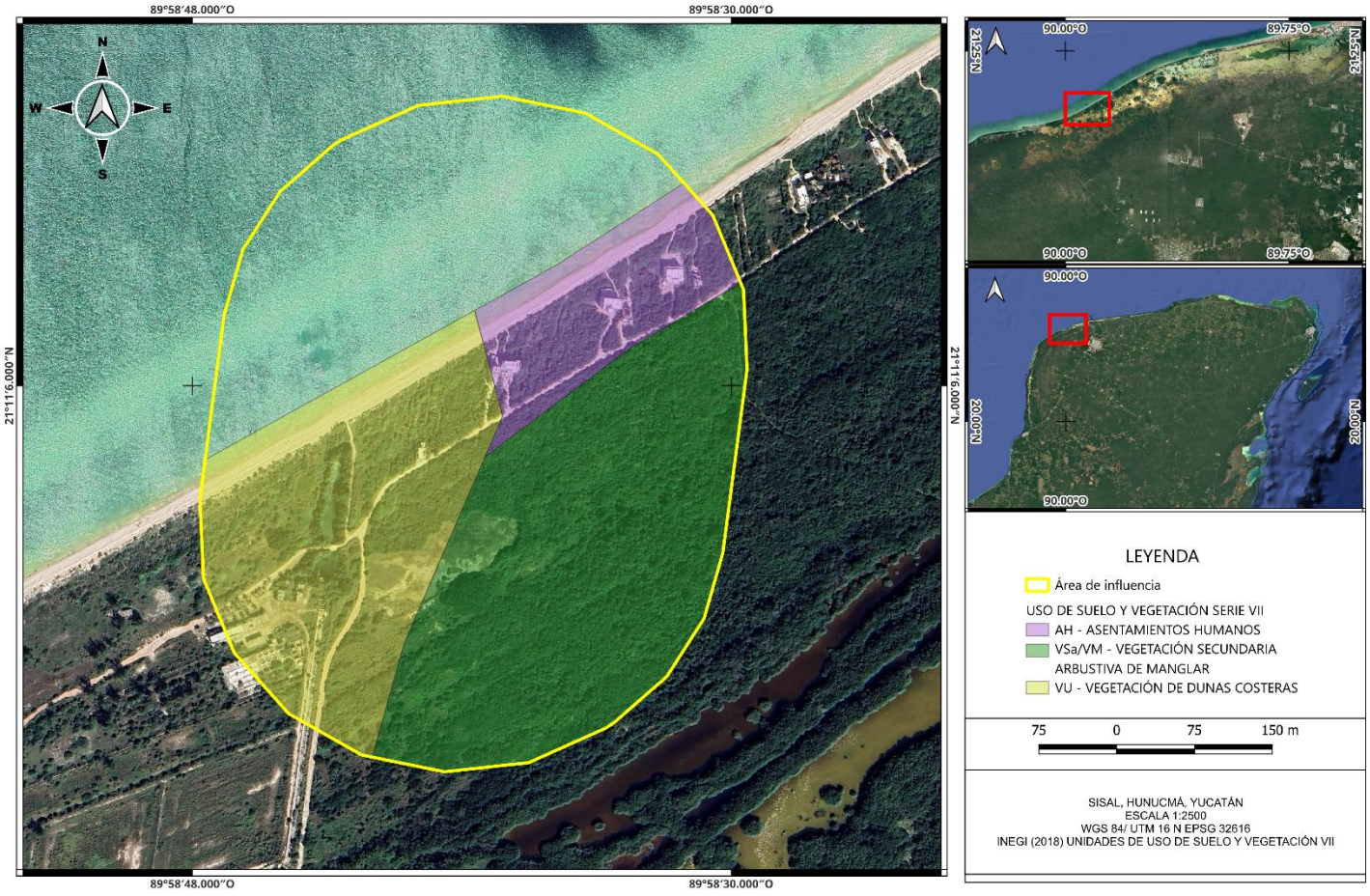



**Figura 17. Usos de suelo y vegetación presentes en el área de influencia del proyecto**

**Tabla 15. Usos de suelo y vegetación distribuidos en el área de influencia del proyecto**

| USO DE SUELO Y VEGETACIÓN VII (INEGI) | ÁREA ($m^2$) | PROPORCIÓN (%) |
|---|---|---|
| **Asentamientos humanos** | 30,632.002 | 10.415 |
| **Área marina** | 83,344.5139 | 28.337 |
| **Vegetación secundaria arbustiva de manglar** | 103,269.599 | 35.112 |
| **Vegetación de dunas costeras** | 76,869.8875 | 26.136 |
| **TOTAL** | **294,116.002** | **100** |

Esta heterogeneidad de coberturas pone de manifiesto la coexistencia de espacios antrópicos y naturales dentro de un mismo sistema costero. En la porción terrestre, destacan los **asentamientos humanos**, que representan poco más del 10 % del total, asociados al núcleo urbano de Sisal y a construcciones aisladas sobre la franja de playa. Estas áreas presentan superficies impermeables y alteración de la cobertura vegetal, lo que influye en la dinámica hídrica superficial y en la composición faunística local.

En contraste, la **vegetación de dunas costeras** y la **vegetación secundaria arbustiva de manglar** constituyen más del 60 % del área de influencia combinada, evidenciando la predominancia de comunidades naturales o semialteradas con un alto valor ecológico. Las dunas costeras funcionan como barreras naturales frente a la erosión y la intrusión salina, además de proveer hábitats a especies vegetales halófitas y fauna terrestre adaptada a ambientes salinos (Espejel, 2012). Por su parte, los manglares y sus variantes secundarias mantienen funciones esenciales de **retención de sedimentos, captura de carbono y amortiguamiento hidrológico**, aun en estados de sucesión o regeneración (Adame & Lovelock, 2011).

Finalmente, el componente **marino** cubre casi un tercio del área total (28.34 %), extendiéndose desde la línea de costa hacia aguas someras del Golfo de México. Esta franja marina, aunque no será objeto de intervención directa, forma parte del ámbito de influencia por su relación funcional con los procesos de escorrentía, infiltración y aporte de nutrientes desde la zona terrestre.

### IV.5.2. Riqueza florística Y faunística del área de influencia

La evaluación de la riqueza biológica en el Área de Influencia se realizó con un enfoque cualitativo, orientado exclusivamente a la identificación de especies de flora y fauna presentes dentro del entorno inmediato del proyecto, sin estimar abundancias, densidades, coberturas ni métricas de estructura comunitaria. Este nivel de análisis es congruente con los lineamientos de caracterización ambiental que diferencian entre áreas de evaluación detallada —como el Sistema Ambiental y el predio del proyecto, donde se aplicaron muestreos cuantitativos completos— y áreas cuya función principal es contextualizar los posibles efectos espaciales del proyecto (SEMARNAT, 2018; Kent, 2012).

El Área de Influencia fue delimitada mediante un radio de 250 metros alrededor del polígono del proyecto, criterio espacial que permite incorporar las zonas donde los efectos ambientales potenciales (ruido, tránsito, modificaciones microambientales o interacciones ecológicas secundarias) pueden manifestarse de forma perceptible, sin exceder la escala pertinente para un proyecto de vivienda unifamiliar. Este procedimiento coincide con las recomendaciones técnicas de SEMARNAT (2018) respecto a la adecuada delimitación de áreas de influencia en proyectos de pequeña y mediana escala.

La superficie total considerada comprende 294,116.00 m² (29.41 ha), dentro de la cual se distribuyen elementos de vegetación natural, zonas con disturbio antrópico moderado y áreas urbanizadas, de acuerdo con la cartografía de Uso de Suelo y Vegetación Serie VII del INEGI (2020). Este mosaico de coberturas refleja la dinámica ecológica transicional característica del litoral de Sisal, donde la vegetación costera —particularmente matorral halófilo, dunas costeras y manglar fragmentado— coexiste con infraestructura turística y habitacional.

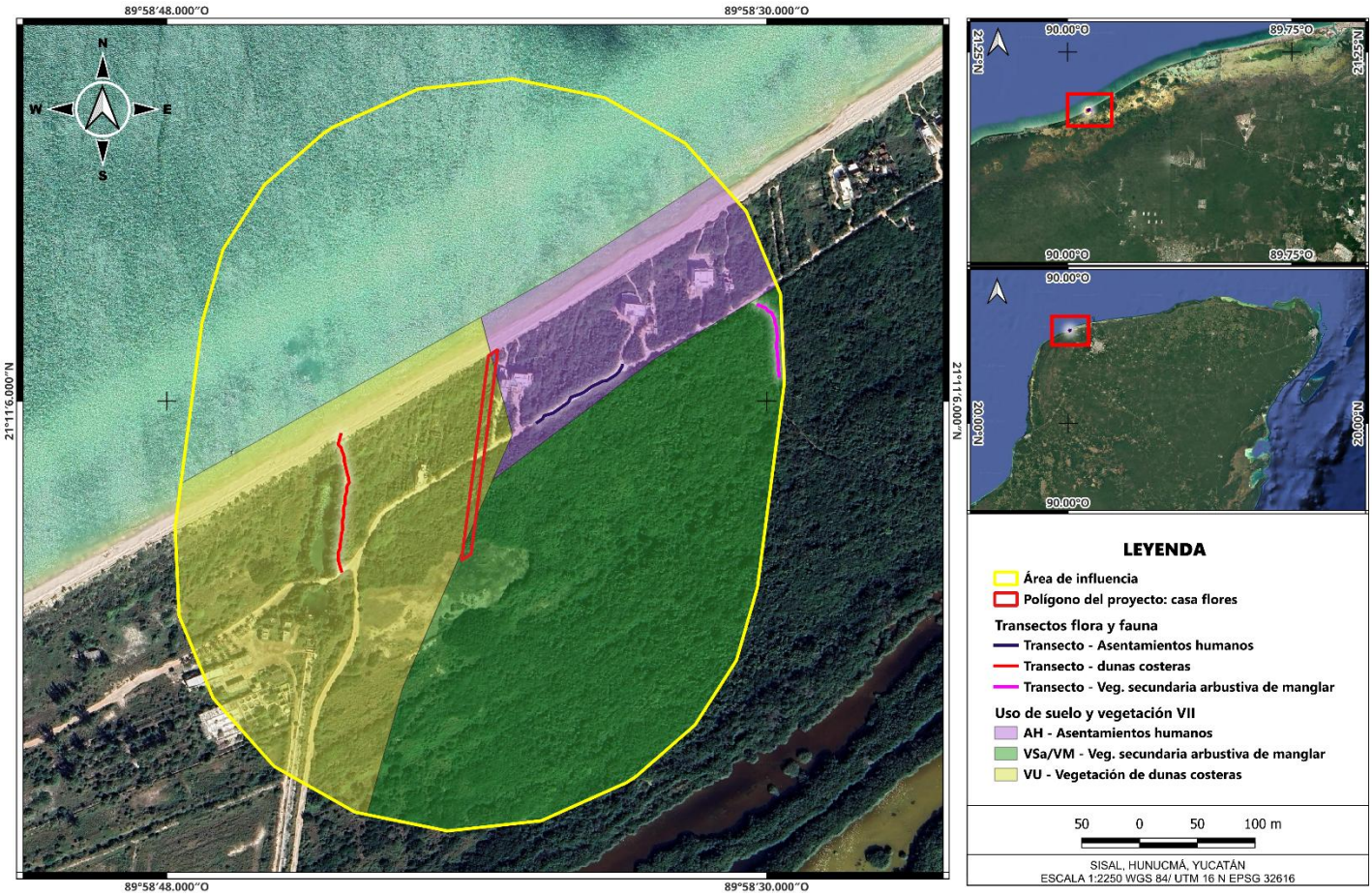



**Figura 18. Transectos recorridos para la caracterización cualitativa del Área de Influencia**

**Tabla 16. Coordenadas UTM del punto de inicio y cierre de los transectos recorridos para la caracterización cualitativa del área de influencia**

| Transecto | Inicio | | Final | |
|---|---|---|---|---|
| | X | Y | X | Y |
| **Transecto - dunas costeras** | 190719.85 | 2345372.59 | 190721.65 | 2345498.38 |
| **Transecto - veg. secundaria arbustiva de manglar** | 190891.97 | 2345506.11 | 190967.18 | 2345558.61 |
| **Transecto – asentamientos humanos** | 191085.29 | 2345611.24 | 191102.51 | 2345543.98 |

La riqueza florística registrada corresponde principalmente a especies propias de ambientes costeros y subhúmedos, con presencia de elementos arbustivos y herbáceos adaptados a condiciones de salinidad, suelos arenosos y exposición solar intensa. Mediante recorridos sistemáticos y registros directos se identificaron especies asociadas a la duna costera, matorral halófilo y vegetación secundaria, coincidiendo con lo

documentado para la región norcostera de Yucatán (Herrera-Silveira et al., 2020). La presencia de especies introducidas o tolerantes al disturbio es moderada, principalmente en las zonas periféricas urbanizadas. No se detectaron especies adicionales de manglar fuera de las ya registradas en el Sistema Ambiental.

**Tabla 17. Especies de flora registradas en el área de influencia**

| Familia | Nombre científico | Nombre común |
|---|---|---|
| Acanthaceae | *Avicennia germinans* | Mangle negro |
| Anacardiaceae | *Metopium brownei* | Cheechem |
| Arecaceae | *Thrinax radiata* | Ch ' iit |
| Burseraceae | *Bursera simaruba* | Chaka |
| Combretaceae | *Conocarpus erectus* | Botoncillo |
| Fabaceae | *Pithecellobium keyense* | Ya ' ax k ' aax |
| Goodeniaceae | *Scaevola plumieri* | Chunup |
| Polugonaceae | *Coccoloba uvifera* | Uva de mar |
| Amaryllidaceae | *Hymenocallis littoralis* | Lirio |
| Rhizophoraceae | *Rhizophora mangle* | Mangle rojo |
| Surianaceae | *Suriana marítima* | Pats'il |

La caracterización faunística se realizó mediante observación directa, identificación auditiva y registros oportunistas, sin aplicar estimaciones cuantitativas ni muestreos estructurados, dado que el objetivo en el Área de Influencia fue únicamente documentar la **riqueza potencial**. El conjunto de especies observadas incluye reptiles comunes de áreas abiertas y matorral costero, aves residentes y migratorias asociadas al litoral y zonas urbanas, así como mamíferos de hábitos generalistas. La composición registrada concuerda con lo esperado para un gradiente costero-urbano, donde especies nativas de amplia tolerancia ecológica coexisten con elementos sinantrópicos (Howell & Webb, 1995; Lee, 1996). No se detectaron especies de distribución restringida adicionales a las reportadas en el Sistema Ambiental, y la presencia de fauna catalogada en la NOM-059-SEMARNAT-2010 fue limitada, restringida principalmente a las especies ya observadas en el área principal de muestreo.

**Tabla 18. Relación de especies de fauna registradas en el Área de Influencia**

| Grupo | Familia | Especie | NOM-059-SEMARNAT-2010 |
|---|---|---|---|
| Anfibios y reptiles | Teiidae | *Ameiva undulata* | |
| | | *Cneminophorus angusticeps* | |
| | Phrynosomatidae | *Sceloporus chrysostictus* | |
| | | *Sceloporus cozumelae* | **Pr** |
| Aves | Odontophoridae | *Colinus nigrogularis* | |
| | Fregatidae | *Fregata magnificens* | |
| | Pelecanidae | *Pelecanus occidentalis* | |
| | Laridae | *Leucophaeus atricilla* | |

| Grupo | Familia | Especie | NOM-059-SEMARNAT-2010 |
|---|---|---|---|
| | Scolopacidae | *Calidris alba* | |
| | Columbidae | *Zenaida asiatica* | |
| | | *Columbina passerina* | |
| | Cuculidae | *Crotophaga sulcirostris* | |
| | Apodidae | *Chaetura vauxi* | |
| | Trochilidae | *Doricha eliza* | **P** |
| | Picidae | *Melanerpes aurifrons* | |
| | Psittacidae | *Eupsittula nana* | **Pr** |
| | Tyrannidae | *Myiozetetes similis* | |
| | | *Pitangus sulfuratus* | |
| | Corvidae | *Cyanocorax yucatanicus* | |
| | Silviidae | *Polioptila albiloris* | |
| | Mimidae | *Melanoptila glabrirostris* | |
| | | *Mimus gilvus* | |
| | Troglodytidae | *Campylorhynchus yucatanicus* | **P** |
| | Cardinalidae | *Cardinalis cardinalis* | |
| Mamíferos | Didelphidae | *Didelphis virginiana* | |
| | Procyonidae | *Procyon lotor* | |
| | Canidae | *Urocyon cinereoargenteus* | |

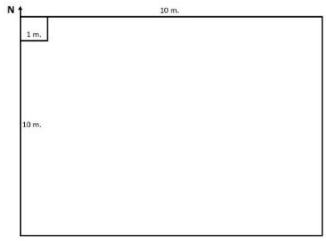
En conjunto, la riqueza florística y faunística del Área de Influencia complementa la caracterización general del sistema, permitiendo contextualizar las relaciones ecológicas y el grado de continuidad entre los ambientes naturales y los espacios transformados que rodean al predio del proyecto.

## IV.6. Caracterización biológica del predio

### IV.6.1. Descripción florística del predio

Para efectuar la caracterización de la vegetación y el inventario de los recursos florísticos del área a afectar, se realizó un extenso recorrido por el área. El reconocimiento de la zona fue relativamente de fácil acceso al tratarse de un predio urbanizado, facilitado por la existencia de brechas rusticas al interior del predio y de vegetación herbácea.

Posteriormente en gabinete se generó un solo polígono objeto de superficie utilizable con una superficie de **880.77 $m^2$.** En este polígono se muestrearon 3 sitios (cuadrantes) de forma regular de 10 x 10 m, con una superficie de 100 $m^2$ cada uno. Para la referencia de la ubicación del cuadrante en campo, se tomó la coordenada del vértice izquierdo superior del cuadrante orientada al Norte. **Para facilitar la ubicación en campo de los vértices de los cuadrantes, se consideró un individuo vivo perteneciente al cuadrante, se marcó con cinta de precaución y se enumeró como el individuo número 1.**

| DINÁMICA DE MUESTREO | SUPERFICIE DE PARCELAS | PARÁMETROS PARA LA TOMA DE DATOS | VARIABLES REGISTRADAS |
|---|---|---|---|
|  | | | |
| | Arbustivo. 25 $m^2$<br>10 X 10 m | Alturas mayores a 1 m<br><br>Especies con DAP >7.5 m o<br>Especies con cobertura. | Altura total<br>Estado o condición |
| | Herbáceo. 1 $m^2$<br>1 X 1 m | Alturas menores a 1 m | Cobertura<br>Altura total |

Todos los individuos registrados se determinaron a nivel especie *in situ* cuando fue posible o se recolectó material botánico de referencia para su determinación con ayuda de las floras virtuales de Mesoamérica y de Nicaragua, así como de bibliografía especializada (Chan *et al*., 2002, Guadarrama et al., 2016 y Espejel *et al*., 2017).

El listado de las especies observadas se ordenó alfabéticamente por familias y especies. Se incluyen las categorías de forma de vida correspondientes a cada especie y las categorías de protección de acuerdo con la NOM–059–SEMARNAT–2010. Así como el listado reportado para la Península de Yucatán (Sosa, *et al*. 1985). En la tabla 19 se puede consultar las coordenadas de los vértices de referencia de cada cuadrante ya descrito en el apartado anterior.

**Tabla 19. Coordenadas del vértice de referencia de los cuadrantes (UTM, zona 16Q)**

| Sitio | X | Y |
|---|---|---|
| 1 | 190,844.00 | 2,345,503.00 |
| 2 | 190,849.00 | 2,345,553.00 |
| 3 | 190,839.00 | 2,345,465.00 |

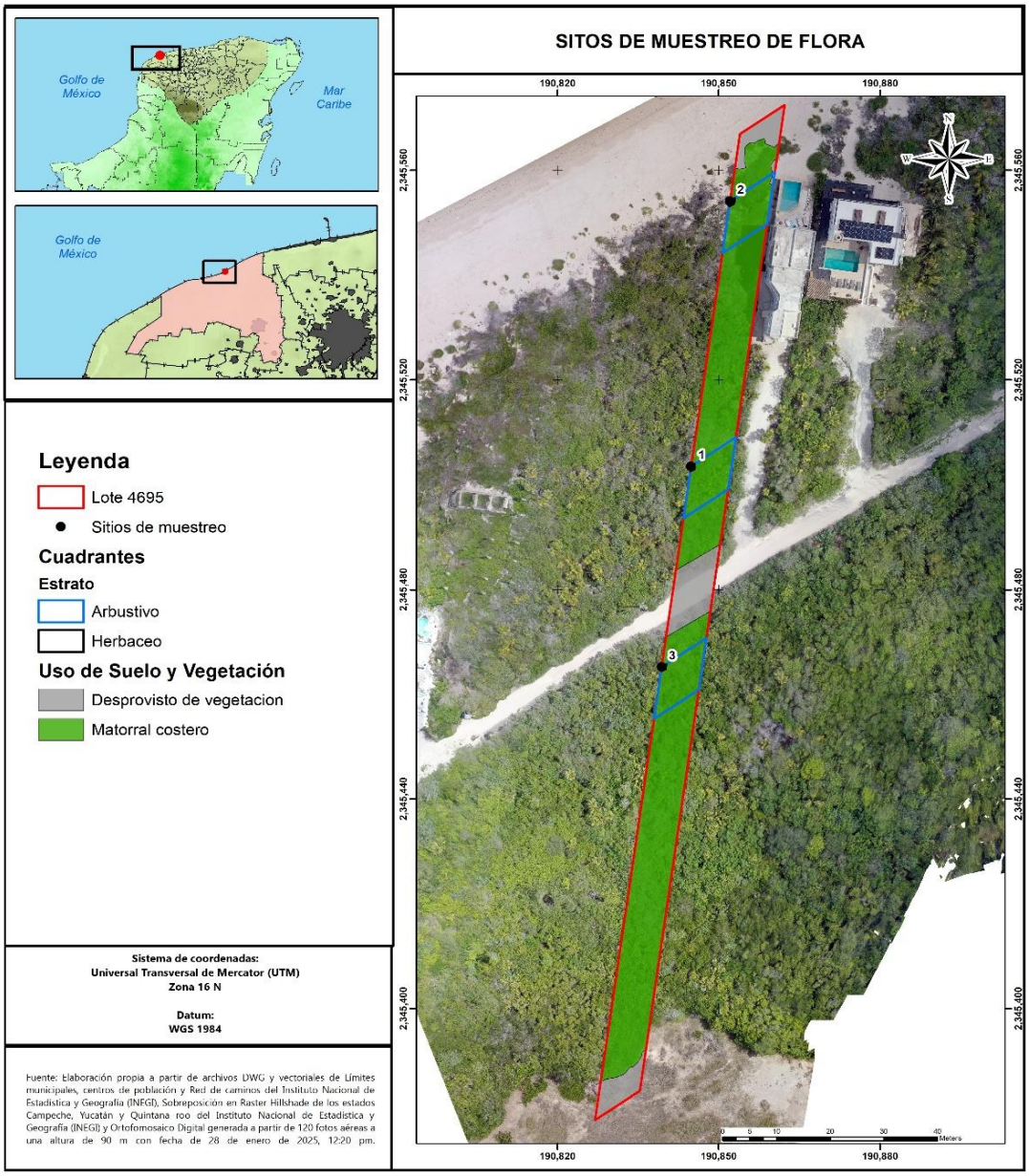



**Figura 19. Ubicación de sitios de muestreo de vegetación en el polígono del proyecto**

### IV.6.1.1. Valor de importancia de la vegetación

Con la finalidad de jerarquizar la dominancia de cada especie registrada en la vegetación muestreada, se calculó el Índice de Valor de Importancia (**IVI**), el cual fue desarrollado por Curtis & McIntosh (1951) y aplicado por Pool *et al.* (1977), Cox (1981), Cintrón & Schaeffer–Novelli (1983) y Corella *et al.* (2001). Es un índice sintético estructural que se calcula de la siguiente manera:

**IVI = Dominancia relativa + Densidad relativa + Frecuencia relativa**

Cada uno de los parámetros utilizados en la fórmula antes citada, se calculó con base en las siguientes ecuaciones:

**Dominancia relativa:**

$$\frac{\text{Dominancia por especie (área basal)}}{\text{Dominancia de todas las especies}} \text{ X } 100$$

Para el caso del estrato herbáceo y arbustivo se utilizó la cobertura absoluta y relativa de cada especie y no el área basal, pues no es parámetro medible para los ejemplares que se desarrollan en él.

**Densidad relativa:**

$$\frac{\text{Densidad por especie (\# de individuos muestreados)}}{\text{Densidad de todas las especies}} \text{ X } 100$$

**Frecuencia relativa:**

$$\frac{\text{Número de sitios en los que se presenta cada especie}}{\text{Número total de sitios muestreados}} \text{ X } 100$$

Se analiza la diversidad de especies por estrato para observar la variación de la riqueza y la abundancia de las especies de los grupos registrados en las unidades de muestreo. Para este análisis se utilizó el índice de Shannon Wiener (H'), este índice refleja la relación entre riqueza y uniformidad (Magurran, 1988; citado por Moreno C., 2002).

Fórmula para calcular el índice de Shannon Wiener (H'):

$$\mathbf{H' = -\Sigma pi \ ln \ pi}$$

**Donde:**
**H'=** contenido de la información de la muestra.
**Pi=**proporción de la muestra que pertenecen a la especie i.

Para conocer la distribución de los individuos entre las especies registradas por grupo diamétrico se calculó el índice de Equidad de Pielou (Moreno, 2001).

Índice de Equidad de Pielou.

$$\mathbf{E = H/Hmax,}$$

**Donde:**
**E=** Equidad
**H=** Diversidad de especies

**Hmax=** Diversidad de especies máxima= logS

Los factores ambientales y antropogénicos que han afectado al área se analizaron para evaluar el estado actual de la vegetación. Este análisis sirve de base para respaldar las recomendaciones sobre las medidas de mitigación que se proponen en función de las condiciones de la vegetación y de las especies seleccionadas, que se encuentran dentro del predio.

### IV.6.1.2. Resultados

#### IV.6.1.2.1. Composición florística de la comunidad vegetal

La riqueza florística registrada para la vegetación de duna costera secundaria del predio fue de **10 especies**, distribuidos en **nueve familias** en donde la vegetación existente es en su mayoría de hábitos arbustivos.

**Tabla 20. Riqueza florística registrada en el predio objeto de estudio.**

| Familia | Especie | Nombre Común | Arbustivo | Herbáceo |
|---|---|---|---|---|
| Acanthaceae | *Bravaisia berlandieriana* | Juluub | | X |
| Anacardiaceae | *Caesalpinia vesicaria* | Ya ' ax k ' iin che ' | X | |
| Arecaceae | *Coccoloba uvifera* | Uva de mar | X | |
| Capparaceae | *Hybanthus yucatenensis* | Hybanthus | X | |
| Fabaceae | *Metopium brownei* | Cheechem | X | |
| | *Pithecellobium keyense* | Ya ' ax k ' aax | X | |
| Polugonaceae | *Quadrella incana* | Olivo | X | |
| Sapotaceae | *Sideroxylon obtusifolium* | Zapotillo | | X |
| Surianaceae | *Suriana maritima* | Pats'il | X | |
| Violaceae | *Thrinax radiata* | Ch ' iit | X | X |

En cuanto al componente referente a especies de importancia, **se registraron especies enlistadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010 como *Thrinax radiata*.**

#### IV.6.1.2.2. Índice de valor de importancia para el estrato arbustivo

En la tabla siguiente, se presentan los valores de importancia (IVI) de las especies del estrato arbustivo que corresponde a individuos registradas en las unidades de muestreo. Los valores del predio se registró 8 especies que corresponden al estrato arbustivo, los valores más altos de IVI pertenecen a las especies *Metopium brownei* **(71.08%),** *Thrinax radiata* **(61.71%) y** *Pithecellobium keyense* **(41.06%).**

**Tabla 21. Valor de Importancia (IVI). Estrato arbustivo del área del predio.**

| Especie | Dominancia | | Frecuencia | | Abundancia | | I. V. I. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Abundancia | Relativo | Abundancia | Relativo | Abundancia | Relativo | |
| *Metopium brownei* | 0.03490 | *30* | 2 | *13* | 19.0000 | 28.3582 | 71.0897 |
| *Thrinax radiata* | 0.02928 | *25* | 2 | *13* | 16.0000 | 23.8806 | 61.7413 |
| *Quadrella incana* | 0.00522 | *5* | 2 | *13* | 5.0000 | 7.4627 | 24.4797 |
| *Caesalpinia vesicaria* | 0.01587 | *14* | 1 | *6* | 4.0000 | 5.9701 | 25.9618 |
| *Pithecellobium keyense* | 0.00509 | *4* | 3 | *19* | 12.0000 | 17.9104 | 41.0686 |
| *Coccoloba uvifera* | 0.01043 | *9* | 3 | *19* | 6.0000 | 8.9552 | 36.7393 |
| *Suriana maritima* | 0.01200 | *10* | 1 | *6* | 1.0000 | 1.4925 | 18.1364 |
| *Hybanthus yucatenensis* | 0.00267 | *2* | 2 | *13* | 4.0000 | 5.9701 | 20.7831 |
| | **0.11545** | **100.0000** | **16.0000** | **100.0000** | **67.0000** | **100.0000** | **300.0000** |

### IV.6.1.2.3. Índice de valor de importancia para el estrato herbáceo

En la tabla siguiente, se presentan los valores de importancia (IVI) de las especies del estrato herbáceo que corresponde a individuos registradas en las unidades de muestreo. Los valores del predio sólo se registró tres especies que corresponden al estrato herbáceo, siendo ***Thrinax radiata* (166.66%),** segundo ***Bravaisia berlandieriana* (66.66%)** y último ***Sideroxylon obtusifolium* (66.66%).**

**Tabla 22. Valor de Importancia (IVI). Estrato herbáceo del área del predio.**

| Especie | Dominancia | | Frecuencia | | Abundancia | | I. V. I. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Abundancia | Relativo | Abundancia | Relativo | Abundancia | Relativo | |
| *Bravaisia berlandieriana* | 0.6000 | 16.6667 | 1.0000 | 33.3333 | 1.0000 | 16.6667 | 66.6667 |
| *Thrinax radiata* | 2.0000 | 66.6667 | 1.0000 | 33.3333 | 4.0000 | 66.6667 | 166.6667 |
| *Sideroxylon obtusifolium* | 0.3000 | 16.6667 | 1.0000 | 33.3333 | 1.0000 | 16.6667 | 66.6667 |
| | **2.9000** | **100.0000** | **3.0000** | **100.0000** | **6.0000** | **100.0000** | **300.0000** |

### IV.6.1.2.4. Diversidad del estrato arbustivo

**Tabla 23. Índices de diversidad calculada para el estrato arbustivo**

| Especie | Abundancia | Pi | Ln (pi) | Pi * ln (pi) |
|---|---|---|---|---|
| *Metopium brownei* | 19 | 0.2836 | -1.2603 | 0.3574 |
| *Thrinax radiata* | 16 | 0.2388 | -1.4321 | 0.3420 |
| *Quadrella incana* | 5 | 0.0746 | -2.5953 | 0.1937 |
| *Caesalpinia vesicaria* | 4 | 0.0597 | -2.8184 | 0.1683 |
| *Pithecellobium keyense* | 12 | 0.1791 | -1.7198 | 0.3080 |
| *Coccoloba uvifera* | 6 | 0.0896 | -2.4129 | 0.2161 |
| *Suriana maritima* | 1 | 0.0149 | -4.2047 | 0.0628 |
| *Hybanthus yucatenensis* | 4 | 0.0597 | -2.8184 | 0.1683 |
| **TOTAL** | **67** | **1** | **-19** | **1.8164** |
| | | | **Shannon (H')** | **1.8164** |
| | | | **Riqueza** | **8** |

| Especie | Abundancia | Pi | Ln (pi) | Pi * ln (pi) |
|---|---|---|---|---|
| | | | **H max** | **2.0794** |
| | | | **Equidad (J')** | **0.8735** |
| | | | **Margalef (Mg)** | **1.6648** |

De acuerdo con los resultados, la diversidad florística del estrato arbustivo de 1.8164, mientras que la diversidad máxima que pudiese alcanzar es de 2.0794, por lo que está cerca de alcanzar la máxima diversidad esperada.

La equitatividad (E) puede entenderse como que: tan uniformemente están distribuidos los individuos entre las especies (Newman, 2003). Esto es, refleja la distribución de individuos entre especies (Clements y Newman, 2002). Se puede medir comparando la diversidad observada en una comunidad contra la diversidad máxima posible de una comunidad hipotética con el mismo número de especies.

Respecto a la flora del predio la equidad fue de 0.8435 lo que indica que puede haber especies dominantes.

### IV.6.1.2.5. Diversidad del estrato herbáceo

**Tabla 24. Índices de diversidad calculados para el estrato herbáceo**

| Especie | Abundancia | Pi | Ln (pi) | Pi * ln (pi) |
|---|---|---|---|---|
| *Bravaisia berlandieriana* | 1 | 0.1667 | -1.7918 | 0.2986 |
| *Thrinax radiata* | 4 | 0.6667 | -0.4055 | 0.2703 |
| *Sideroxylon obtusifolium* | 1 | 0.1667 | -1.7918 | 0.2986 |
| **TOTAL** | **6** | **1** | **-3.9890** | **0.8676** |
| | | | **Shannon (H')** | 0.868 |
| | | | **Riqueza** | 3 |
| | | | **H max** | 1.099 |
| | | | **Equidad (J')** | 0.790 |
| | | | **Margalef (Mg)** | 1.116 |

De acuerdo con los resultados, la diversidad florística del estrato arbustivo de 0.860, mientras que la diversidad máxima que pudiese alcanzar es de 1.099, por lo que está cerca de alcanzar la máxima diversidad esperada.

La equitatividad (E) puede entenderse como que: tan uniformemente están distribuidos los individuos entre las especies (Newman, 2003). Esto es, refleja la distribución de individuos entre especies (Clements y Newman, 2002). Se puede medir comparando la diversidad observada en una comunidad contra la diversidad máxima posible de una comunidad hipotética con el mismo número de especies.

Respecto a la flora del predio la equidad fue de 0.790 lo que indica que puede haber especies dominantes.

### IV.6.1.2.6. Curvas de acumulación de especies

Con la finalidad de presentar un análisis estadístico que justifique el diseño y tamaño de la muestra o esfuerzo de muestreo, en cuanto a la representatividad de la muestra, las características del o los tipos de vegetación, se

utilizó el método no paramétrico de Curva de Acumulación de Especies. A continuación, se presenta la curva de acumulación obtenida para los tres sitios de muestreo realizados, tomando en cuanto la totalidad de las especies de los dos estratos.

En la gráfica siguiente, los datos obtenidos en campo donde la asíntota se empieza a alcanzar a partir del sitio 2 manteniéndose la tendencia, lo que indica que, al realizar más sitios de muestreo, la riqueza no sufrirá cambios significativos.

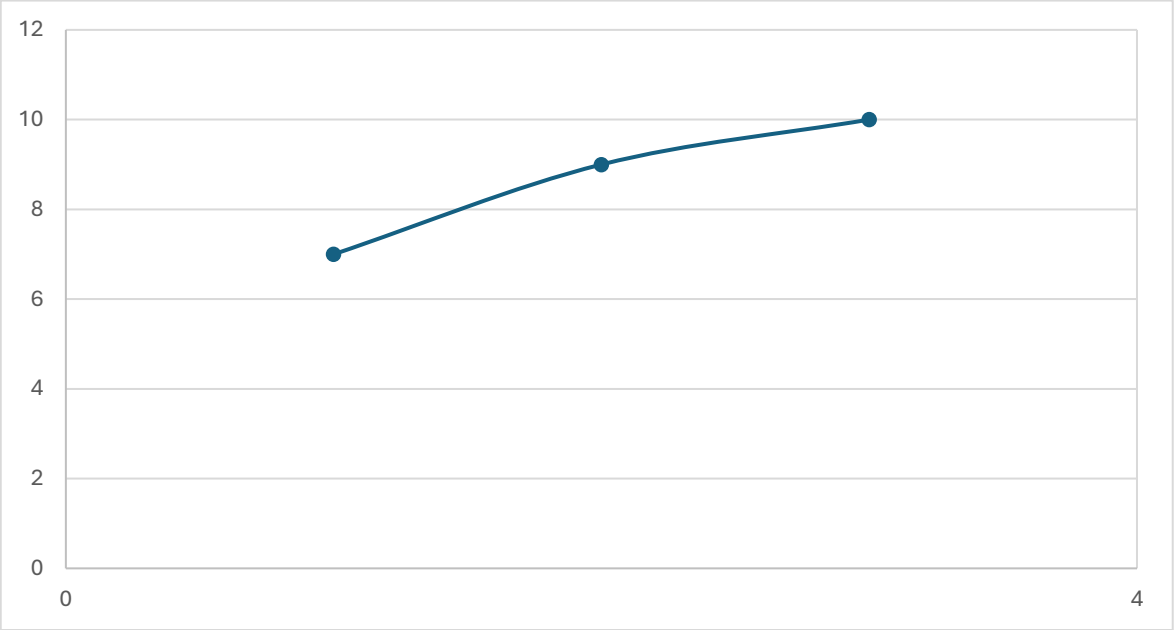



**Figura 20. Curva de acumulación para los cinco sitios muestreos realizados en el predio.**

### IV.6.1.2.7. Conclusiones referentes a flora

La superficie del polígono bajo estudio donde se llevará el proyecto corresponde a áreas destinadas a zona de crecimiento urbano, la vegetación encontraba evidencia la constante presión dado las formas de vida más sobresalientes especies muy característicos de áreas perturbadas por efecto de fenómenos meteorológicos (huracanes principalmente).

Se registraron especies enlistadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010, como *Thrinax radiata* y se incluirá en las especies susceptibles a rescate como medida de mitigación por la remoción de le vegetación.

El proyecto no afectará ni comprometerá el ecosistema presente en la zona.

Contempla en sus metas la creación de áreas verdes con el uso de especies nativas de matorral costero, y estratégicamente contara con un área de conservación permanente en dos bloques ubicada en la zona Norte y Sur del predio que representa a su vez la zona de mayor interés para este tipo de vegetación.

### IV.6.1.3. Composición de la comunidad de vertebrados

El predio en estudio se localiza en la localidad de Sisal, municipio de Hunucmá, Yucatán específicamente a aproximadamente 4 km de la zona urbanizada. Según la Carta de Uso de Suelo y Vegetación VII publicado por INEGI, en el sitio se presentan dos tipos de asociaciones vegetales bien diferenciadas: Vegetación de dunas costeras y vegetación secundaria arbustiva de manglar (Flores & Espejel, 1994).

El análisis de la fauna en el predio se enfocó en los grupos de vertebrados terrestres debido a su importancia ecológica y a su utilidad como indicadores del estado de conservación del hábitat (Urbina-Torres *et al*., 2019). La fauna presente en la zona está influenciada por la combinación de factores climáticos, la disponibilidad de refugios y recursos alimenticios, así como por la conectividad con áreas naturales cercanas (Barrera-Torres *et al*., 2017).

El presente estudio tiene como objetivo caracterizar los vertebrados terrestres del predio mediante el uso de metodologías de muestreo estandarizadas, con el fin de evaluar su riqueza y abundancia, identificar especies con algún estatus de conservación y generar información relevante para la toma de decisiones en el marco de la normatividad ambiental vigente (SEMARNAT, 2020).

#### IV.6.1.3.1. Metodología

Como parte fundamental del estudio en materia de impacto ambiental se requiere realizar un muestreo exhaustivo de vertebrados terrestres que permita caracterizar la fauna presente y evaluar posibles impactos ambientales. Este estudio es fundamental para identificar la composición, riqueza y abundancia de especies en el sitio, proporcionando una base científica para el diseño de medidas de mitigación y conservación en cumplimiento con la normatividad ambiental vigente (SEMARNAT, 2020). Para ello, se emplearán metodologías de muestreo ampliamente utilizadas en estudios ecológicos y adaptadas a las condiciones específicas del área (Sutherland, 2006).

El predio de estudio se caracteriza por la presencia de vegetación secundaria arbustiva de manglar y de dunas costeras. Estas asociaciones vegetales han sido modificadas por la influencia de factores antropogénicos como el ruido, la luz artificial y la actividad humana continua, lo que ha generado cambios en la dinámica de la comunidad faunística local (Barrera-Torres *et al*., 2017). A pesar de estas modificaciones, el predio conserva elementos estructurales que pueden ofrecer refugio y recursos a diversas especies de vertebrados, permitiendo la realización de comparaciones ecológicas con otras áreas de características similares dentro de la región (González-Sánchez *et al*., 2017).

El muestreo de reptiles se realizó a través de recorridos en los que se ejecutó la búsqueda intensiva a lo largo de los transectos establecidos, observando cuidadosamente las zonas rocosas y el sotobosque donde suele haber actividad, casi siempre en días soleados, pero solo durante los horarios en los que la insolación solar es moderada o mínima. Además, se emplearon técnicas de búsqueda de refugios, levantando piedras y troncos caídos para detectar especies que se ocultaban en estos microhábitats (Ríos-López *et al*., 2020). Para los recorridos nocturnos, se utilizaron linternas de luz blanca para detectar a los reptiles, especialmente aquellos que eran activos durante la noche, como las especies de serpientes y lagartijas (Ríos-López *et al*., 2020). Las especies registradas durante los recorridos nocturnos fueron anotadas y catalogadas, con un enfoque particular en su distribución y abundancia en diferentes hábitats dentro de la cuenca.

El muestreo de anfibios se llevó a cabo mediante recorridos nocturnos. Fue importante considerar que este grupo es conocido por ser altamente sensible a las variaciones de temperatura y humedad y, por lo tanto, su actividad está estrechamente ligada a la humedad relativa del ambiente (Vázquez *et al*., 2009). La estructura y periodicidad del muestreo se presenta en las siguientes tablas y figuras que detallan la situación espacial, temporal y metodológico para la Herpetofauna:

**Tabla 25. Coordenadas y temporalidad de los transectos: Herpetofauna (UTM, zona 16Q)**

| Transecto/Temporalidad | Coordenada inicial | | Coordenada Final | | Distancia Total |
|---|---|---|---|---|---|
| | X | Y | X | Y | |
| **T1- noche** | 190842.63 | 2345397.34 | 190844.15 | 2345478.78 | 194 m. |
| **T2 - noche** | 190847.39 | 2345507.84 | 190851.84 | 2345537.65 | 168 m. |
| **T1 - diurno** | 190842.63 | 2345397.34 | 190844.15 | 2345478.78 | 194 m. |
| **T2 - diurno** | 190847.39 | 2345507.84 | 190851.84 | 2345537.65 | 168 m. |
| | | | | **Distancia total recorrida** | **724 m.** |

El muestreo de aves en el predio se ejecutó mediante un enfoque combinado que incluyó recorridos de transectos para el registro de especies a través de la identificación por cantos y llamados o la observación directa (Vázquez *et al*., 2009). En cada transecto, se estableció un ancho de banda de cinco metros por lado y se registraron las aves que se observaron o escucharon dentro del intervalo de tiempo preestablecido, utilizando un protocolo estándar de censos visuales y auditivos (Sutherland, 2006). La estructura y periodicidad del muestreo se presenta en las siguientes tablas y figuras que detallan la situación espacial, temporal y metodológico para la avifauna:

**Tabla 26. Coordenadas y temporalidad de los transectos: avifauna (UTM, zona 16Q)**

| Transecto/Temporalidad | Coordenada inicial | | Coordenada Final | | Distancia Total |
|---|---|---|---|---|---|
| | X | Y | X | Y | |
| **TRANSECTO 1** | 190842.63 | 2345397.34 | 190844.15 | 2345478.78 | 194 m. |
| **TRANSECTO 2** | 190847.39 | 2345507.84 | 190851.84 | 2345537.65 | 168 m. |
| | | | | **Distancia total recorrida** | **362 m** |

El muestreo de mamíferos terrestres se llevó a cabo mediante el uso de cámaras trampa (Ríos-López *et al*., 2020). Se instalaron tres cámaras trampa distribuidas de manera estratégica a lo largo del área de estudio. Para complementar los resultados obtenidos de cámaras trampa, se ejecutó la búsqueda intensiva a lo largo de los transectos establecidos. La búsqueda consistió en huellas, excretas e incluso avistamientos, estos transectos se homogenizaron a los establecidos para anfibios y reptiles, por lo tanto, fueron nocturnos y diurnos. La estructura y periodicidad del muestreo se presenta en las siguientes tablas y figuras que detallan la situación espacial, temporal y metodológico para los mamíferos:

**Tabla 27. Coordenadas y temporalidad de los transectos: Mamíferos (UTM, zona 16Q)**

| Transecto/temporalidad | Coordenada inicial | | Coordenada final | | Distancia total |
|---|---|---|---|---|---|
| | X | Y | X | Y | |
| **T1- noche** | 190842.63 | 2345397.34 | 190844.15 | 2345478.78 | 194 m. |
| **T2 - noche** | 190847.39 | 2345507.84 | 190851.84 | 2345537.65 | 168 m. |
| **T1 - diurno** | 190842.63 | 2345397.34 | 190844.15 | 2345478.78 | 194 m. |

| Transecto/temporalidad | Coordenada inicial | | Coordenada final | | Distancia total |
|---|---|---|---|---|---|
| | X | Y | X | Y | |
| **T2 - diurno** | 190847.39 | 2345507.84 | 190851.84 | 2345537.65 | 168 m. |
| | | | | **Distancia total recorrida** | **721 m.** |

**Tabla 28. Coordenadas y temporalidad de las cámaras trampa (UTM, zona 16Q)**

| Cámara trampa | Coordenada inicial | | Días de ejecución |
|---|---|---|---|
| | X | Y | |
| **1** | 190829.34 | 2345393.33 | 3 días |
| **2** | 190833.79 | 2345418.63 | 3 días |
| **3** | 190846.64 | 2345514.45 | 3 días |

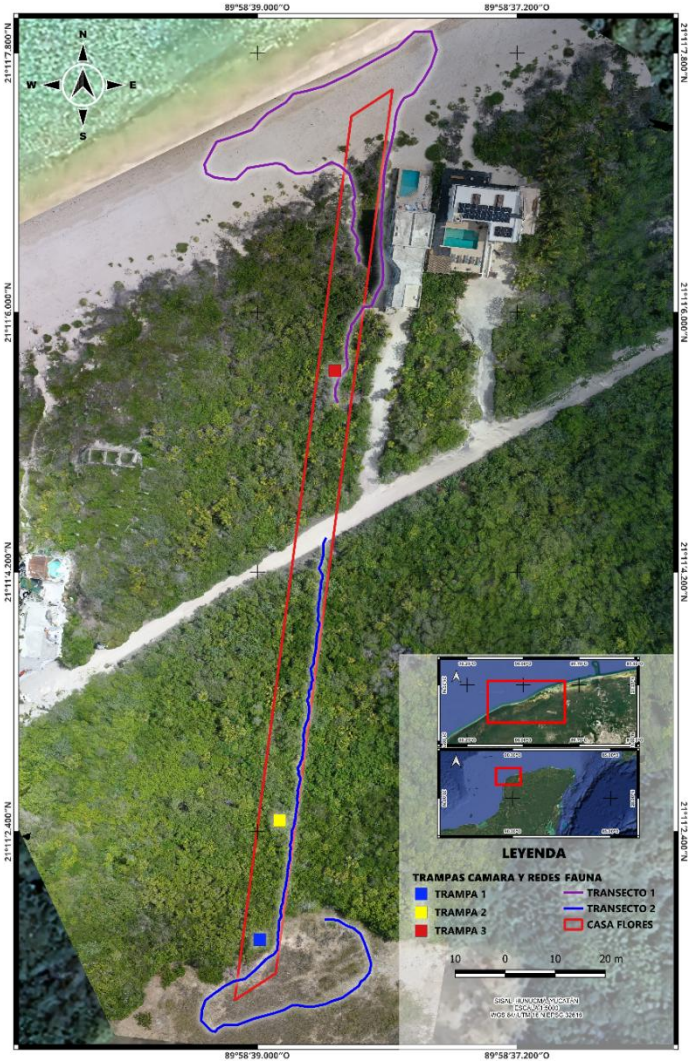



**Figura 21. Situación espacial de los transectos y posición de las cámaras trampa para el proyecto Casa Flores**

El análisis de los datos obtenidos a través del muestreo se llevará a cabo mediante un enfoque integral que combina la descripción cualitativa y cuantitativa que, en conjunto, describen íntegramente a la comunidad.

Previo a los resultados generales, se describirán las condiciones ambientales al momento de la ejecución del muestreo además de la estacionalidad, ya que estos condicionan la actividad de algunas especies

Una vez identificados los taxones registrados en el sitio, se integraron los siguientes descriptores derivados: el orden y familia a la que pertenecen para conformar la matriz de datos de resultados por grupo. También debe incluirse la abundancia registrada por método o por sitio, según sea el caso y la abundancia total. También se identificará si hay especies en alguna categoría de riesgo según la NOM-059-SEMARNAT-2010 y, si las hay, se integrará a la matriz de datos. Por último, se identificarán las familias y especies más representativas (ya sea por su abundancia, por estar amenazadas o por ser consideradas raras) y con base en lo obtenido se podrá hacer un acercamiento, a priori, del estado de conservación del sistema integral.

Una vez generada la matriz de datos del apartado anterior se podrá calcular la **abundancia relativa** por especie, a través de la fórmula siguiente:

$$AR = \frac{n_i}{N} \times 100$$

Donde $n_i$ es el número de individuos de la especie ***i*** y ***N*** el número total de individuos registrados (Magurran, 2004).

Se calculó el **índice de diversidad de Shannon-Wiener (H')** para evaluar la heterogeneidad del ecosistema. De igual manera, se calculará el **índice de equidad (J')**, que evalúa la uniformidad de la distribución de las especies dentro de la comunidad.
Para estos cálculos, se utilizó **R** y sus paquetes específicos: **vegan** y **BiodiversityR**. Se empleó la función **diversity()** para obtener **H' y J´**, mientras que la riqueza de Margalef se calculó con la fórmula:

$$DMg = \frac{(S-1)}{ln(N)}$$

Donde ***S*** es el número de especies y ***N*** el total de individuos registrados (Margalef, 1958).

Las curvas de acumulación de especies se generaron con el paquete **vegan** en **R**, utilizando la función **specaccum()** con el método de rarefacción para evaluar la suficiencia del esfuerzo de muestreo. Se graficaron con **coiy**, permitiendo visualizar el punto en el que la curva se estabiliza, lo que indica una cobertura adecuada del muestreo o la posible presencia de especies no detectadas. Se usó el ajuste de Clench y Michaelis-Menten para modelar la tendencia asintótica, evaluando la completitud del muestreo y proporcionando criterios para la ampliación del esfuerzo en estudios futuros (Colwell, 2013).

#### IV.6.1.3.2. Resultados

Con las condiciones ambientales, la metodología empleada y la superficie muestreada se registraron 27 especies, de las cuales: cuatro son reptiles, veinte son aves y tres mamíferos. Del total de especies registradas, cuatro están catalogadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010.

**Tabla 29. Resumen general de los resultados obtenidos en este estudio**

| Clase | Familia | Especie | Nom-059-semarnat-2010 |
|---|---|---|---|
| Anfibios | 0 | 0 | 0 |
| Reptiles | 2 | 4 | 1 |

| Clase | Familia | Especie | Nom-059-semarnat-2010 |
|---|---|---|---|
| Aves | 17 | 20 | 3 |
| Mamiferos | 3 | 3 | 0 |

El componente herpetofaunístico registrado en el área de estudio mostró una comunidad pequeña pero ecológicamente representativa de los ambientes de selva baja y matorral costero de la Península de Yucatán. Durante el muestreo se documentaron **cuatro especies de reptiles**, pertenecientes a **dos familias**: **Teiidae** y **Phrynosomatidae**. No se registraron anfibios durante las jornadas de campo, lo cual es consistente con las condiciones de baja humedad y microhábitats reducidos asociados a los periodos secos del año y a los suelos someros característicos de la región (Lee, 2000; Köhler, 2011).

Dentro de la familia **Teiidae** se observaron *Ameiva undulata* y *Cnemidophorus angusticeps*, ambas típicas de ambientes abiertos y sitios con buena insolación. *Ameiva undulata* fue una de las especies más comunes del ensamble, con **dos individuos**, lo que refleja su comportamiento activo y su preferencia por zonas con hojarasca suelta y claros soleados (Campbell, 1998). Por su parte, *Cnemidophorus angusticeps*, con **un individuo**, suele ser menos abundante y típicamente discreto, lo que puede explicar su menor detección.

La familia **Phrynosomatidae** estuvo representada por *Sceloporus chrysostictus* y *Sceloporus cozumelae*. *S. chrysostictus* presentó también **dos individuos**, manteniéndose como una de las especies más conspicuas del registro; su alta tolerancia a diferentes niveles de perturbación y su preferencia por sustratos rocosos y troncos expuestos favorecen su presencia en ambientes ligeramente modificados (Lee, 2000). *S. cozumelae*, endémico de la región y asociado a ambientes de matorral costero, se registró con **un individuo**. Esta especie figura en la **NOM-059-SEMARNAT-2010** bajo la categoría **Pr (Sujeta a Protección Especial)**, lo que resalta la importancia de los remanentes de vegetación presentes en el predio y su papel como refugio para taxa de distribución restringida.

Desde una perspectiva cuantitativa, el ensamble total sumó **cinco individuos**, lo cual es típico para evaluaciones rápidas en ecosistemas con estructura baja y elevada estacionalidad climática (Vitt & Caldwell, 2014). A pesar del número reducido de registros, el análisis de diversidad mostró un patrón interesante: el índice de Shannon-Wiener calculado fue **H' = 1.3768**, un valor relativamente alto para comunidades herpetofaunísticas pequeñas. Este valor se explica por la **homogeneidad en la abundancia relativa (pi)** de las especies, donde *Ameiva undulata* y *Sceloporus chrysostictus* aportan cada una un **40 %** de la abundancia total, mientras que *Cnemidophorus angusticeps* y *S. cozumelae* representan **20 %** cada una. Como resultado, la **equidad (J') fue de 0.993**, prácticamente la máxima posible, indicando una comunidad sin dominancia evidente y con distribución equitativa de individuos.

Estos valores sugieren que, aunque el área contiene una comunidad de reptiles pequeña, mantiene una **estructura equilibrada**, posiblemente reflejo de la heterogeneidad ambiental local y de la presencia de microhábitats disponibles para diferentes especies. De manera adicional, la presencia de *Sceloporus cozumelae* —una especie con estatus de protección— resalta que el sitio aún conserva elementos de valor biológico que deben ser considerados en el análisis de impacto y en las medidas de manejo y conservación.

**Tabla 30. Listado de anfibios y reptiles identificados en el sitio del proyecto**

| Anfibios y reptiles | | Abundancia | NOM 059 SEMARNAT 2010 |
|---|---|---|---|
| **Familia** | **Especie** | | |
| Teiidae | *Ameiva undulata* | 2 | |
| | *Cneminophorus angusticeps* | 1 | |
| Phrynosomatidae | *Sceloporus chrysostictus* | 2 | |
| | *Sceloporus cozumelae* | 1 | **Pr** |

**Tabla 31. Análisis de diversidad de anfibios y reptiles**

| Especie | Abundancia | *pi* | ln *pi* | *pi* (ln *pi*) |
|---|---|---|---|---|
| *Ameiva undulata* | 2 | 0.333333333 | -1.098612289 | -0.366204096 |
| *Cneminophorus angusticeps* | 1 | 0.166666667 | -1.791759469 | -0.298626578 |
| *Sceloporus chrysostictus* | 2 | 0.333333333 | -1.098612289 | -0.366204096 |
| *Sceloporus cozumelae* | 1 | 0.166666667 | -1.791759469 | -0.298626578 |
| | **6** | **Diversidad** | $H' = -\sum pi \ln pi$ | **1.329661349** |
| | | **Equidad** | $J' = H'/H_{max}$ | **0.95914792** |

El ensamble de avifauna registrado en el área de estudio fue notablemente diverso e incluyó **20 especies**, agrupadas en **16 familias**, lo que revela la alta heterogeneidad ambiental del sitio y la presencia simultánea de microhábitats costeros, matorrales y áreas de vegetación secundaria. En conjunto, se contabilizaron **52 individuos**, reflejando una comunidad mixta con componentes tanto **residentes** como **migratorios**, lo cual coincide con la dinámica regional descrita para la franja costera del norte de la Península de Yucatán (Howell & Webb, 1995; Schaldach et al., 2000).

Las familias asociadas a ambientes **costeros y marinos**, como **Fregatidae**, **Pelecanidae** y **Laridae**, estuvieron representadas por *Fregata magnificens* (2 individuos), *Pelecanus occidentalis* (2 individuos) y *Leucophaeus atricilla* (8 individuos). Esta última fue la especie más abundante del registro, lo cual es consistente con su comportamiento gregario y su facilidad para explotar recursos alimentarios en cuerpos de agua someros y zonas de pesca artesanal (Brush, 2004). Asimismo, la presencia de *Calidris alba* (5 individuos), un playero migratorio perteneciente a **Scolopacidae**, confirma el uso del sitio como área de descanso y alimentación durante las temporadas de migración boreal, un patrón ampliamente documentado para la costa yucateca (Ramos, 1999).

En ambientes más terrestres predominaron especies típicas de ecotonos, matorrales y vegetación secundaria. Las palomas de las familias **Columbidae** —*Zenaida asiatica* (1) y *Columbina passerina* (3)— fueron relativamente frecuentes, reflejando su tolerancia a zonas con cierto grado de perturbación (Howell & Webb, 1995). También se registraron especies forrajeras y oportunistas como *Crotophaga sulcirostris* (5 individuos), asociada a claros y bordes de vegetación, y *Chaetura vauxi* (4 individuos), un vencejo insectívoro común en áreas abiertas.

Destacan en particular tres especies incluidas en la **NOM-059-SEMARNAT-2010**:

- *Doricha eliza* (**P**, amenazada), un colibrí endémico de la Península de Yucatán y altamente dependiente de parches de vegetación con presencia de especies florales nativas (Berlanga et al., 2007).
- *Campylorhynchus yucatanicus* (**P**), un troglodítido endémico cuya presencia señala la existencia de vegetación arbustiva estructurada.
- *Eupsittula nana* (**Pr**), perico de comportamiento social que depende de árboles maduros para anidación.

La presencia de estas especies protegidas sugiere que el área conserva atributos ecológicos relevantes a pesar de las presiones antrópicas regionales, reforzando su importancia para la conservación local de la avifauna.

El componente de aves de hábitos más terrestres y especializados estuvo representado por especies como *Melanerpes aurifrons* (1 individuo), un pícido asociado a troncos y cavidades; *Myiozetetes similis* (2) y *Pitangus sulfuratus* (1), ambos tiránidos insectívoros y oportunistas; y *Polioptila albiloris* (1), un silviido pequeño dependiente de vegetación densa. Dos especies endémicas más, *Cyanocorax yucatanicus* (3 individuos) y *Melanoptila glabrirostris* (1), confirman la relevancia biogeográfica del sitio dentro del componente avifaunístico propio del noroeste peninsular.

Desde el punto de vista ecológico, las abundancias relativas muestran una comunidad con marcada **representatividad funcional**, incluyendo **insectívoros, nectarívoros, carroñeros, piscívoros y granívoros**, lo que sugiere la existencia de una cadena trófica compleja y un mosaico de recursos disponibles en la zona evaluada. La coexistencia de aves marinas, costeras y de matorral indica también que el sitio se encuentra en una zona de transición ecológica que integra elementos costeros con ambientes terrestres.

El análisis de diversidad arrojó un valor de **H' = 2.8017**, lo que corresponde a una diversidad alta para un muestreo puntual de avifauna en ambientes costeros y de vegetación secundaria (Magurran, 2004). Esta diversidad se ve reforzada por el valor de **equidad J' = 0.935**, indicador de una distribución relativamente uniforme de las abundancias entre las especies registradas, sin que exista una dominancia marcada por parte de un solo taxón, aun cuando *Leucophaeus atricilla* fue la especie más numerosa.

Estos valores son consistentes con la presencia de múltiples gremios ecológicos y con el carácter transicional del hábitat, donde parches de vegetación arbustiva, claros abiertos y proximidad al litoral permiten la coexistencia de especies con requerimientos ecológicos distintos.

**Tabla 32. Lista de especies de aves registradas en el predio**

| Aves | | Abundancia | NOM 059 SEMARNAT 2010 |
|---|---|---|---|
| Familia | Especie | | |
| Odontophoridae | *Colinus nigrogularis* | 2 | |
| Fregatidae | *Fregata magnificens* | 2 | |
| Pelecanidae | *Pelecanus occidentalis* | 2 | |
| Laridae | *Leucophaeus atricilla* | 8 | |
| Scolopacidae | *Calidris alba* | 5 | |
| Columbidae | *Zenaida asiatica* | 1 | |
| | *Columbina passerina* | 3 | |
| Cuculidae | *Crotophaga sulcirostris* | 5 | |

| Aves | | Abundancia | NOM 059 SEMARNAT 2010 |
|---|---|---|---|
| **Familia** | **Especie** | | |
| Apodidae | *Chaetura vauxi* | 4 | |
| Trochilidae | *Doricha eliza* | 1 | **P** |
| Picidae | *Melanerpes aurifrons* | 1 | |
| Psittacidae | *Eupsittula nana* | 3 | **Pr** |
| Tyrannidae | *Myiozetetes similis* | 2 | |
| | *Pitangus sulfuratus* | 1 | |
| Corvidae | *Cyanocorax yucatanicus* | 3 | |
| Silviidae | *Polioptila albiloris* | 1 | |
| Mimidae | *Melanoptila glabrirostris* | 1 | |
| | *Mimus gilvus* | 3 | |
| Troglodytidae | *Campylorhynchus yucatanicus* | 2 | **P** |
| Cardinalidae | *Cardinalis cardinalls* | 2 | |

**Tabla 33. Análisis de diversidad de aves en el predio**

| Especie | Abundancia | pi | ln pi | pi (ln pi) |
|---|---|---|---|---|
| *Colinus nigrogularis* | 2 | 0.038461538 | -3.258096538 | -0.125311405 |
| *Fregata magnificens* | 2 | 0.038461538 | -3.258096538 | -0.125311405 |
| *Pelecanus occidentalis* | 2 | 0.038461538 | -3.258096538 | -0.125311405 |
| *Leucophaeus atricilla* | 8 | 0.153846154 | -1.871802177 | -0.287969566 |
| *Calidris alba* | 5 | 0.096153846 | -2.341805806 | -0.225173635 |
| *Zenaida asiatica* | 1 | 0.019230769 | -3.951243719 | -0.075985456 |
| *Columbina passerina* | 3 | 0.057692308 | -2.85263143 | -0.16457489 |
| *Crotophaga sulcirostris* | 5 | 0.096153846 | -2.341805806 | -0.225173635 |
| *Chaetura vauxi* | 4 | 0.076923077 | -2.564949357 | -0.197303797 |
| *Doricha eliza* | 1 | 0.019230769 | -3.951243719 | -0.075985456 |
| *Melanerpes aurifrons* | 1 | 0.019230769 | -3.951243719 | -0.075985456 |
| *Eupsittula nana* | 3 | 0.057692308 | -2.85263143 | -0.16457489 |
| *Myiozetetes similis* | 2 | 0.038461538 | -3.258096538 | -0.125311405 |
| *Pitangus sulfuratus* | 1 | 0.019230769 | -3.951243719 | -0.075985456 |
| *Cyanocorax yucatanicus* | 3 | 0.057692308 | -2.85263143 | -0.16457489 |
| *Polioptila albiloris* | 1 | 0.019230769 | -3.951243719 | -0.075985456 |
| *Melanoptila glabrirostris* | 1 | 0.019230769 | -3.951243719 | -0.075985456 |
| *Mimus gilvus* | 3 | 0.057692308 | -2.85263143 | -0.16457489 |
| *Campylorhynchus yucatanicus* | 2 | 0.038461538 | -3.258096538 | -0.125311405 |
| *Cardinalis cardinalls* | 2 | 0.038461538 | -3.258096538 | -0.125311405 |
| | **52** | **Diversidad** | $H' = -\sum pi \ln pi$ | **2.801701362** |
| | | **Equidad** | $J' = H'/H_{max}$ | **0.93523089** |

El muestreo de mamíferos realizado en el área de estudio permitió documentar la presencia de **tres especies**, pertenecientes a igual número de familias: **Didelphidae**, **Procyonidae** y **Canidae**. Aunque el número de especies es reducido, el registro es representativo de la mastofauna de ambientes perturbados, zonas de ecotono y áreas rurales asociadas a la costa norte de la Península de Yucatán (Reid, 2009; Lorenzo et al., 2011). En total se contabilizaron **13 individuos**, lo que permitió estimar índices de diversidad y equidad que aportan información sobre la estructura de la comunidad.

La familia **Didelphidae** estuvo representada por *Didelphis virginiana* (3 individuos), una especie ampliamente distribuida en América y reconocida por su elevada tolerancia ecológica. Su presencia en el predio se asocia a la disponibilidad de refugios nocturnos y recursos alimentarios generalistas, tales como frutos, pequeños invertebrados y restos orgánicos, características propias de áreas con influencia antrópica moderada (Gardner, 2005; Reid, 2009).

La especie más abundante del registro fue *Procyon lotor* (6 individuos), perteneciente a la familia **Procyonidae**. Este carnívoro omnívoro es particularmente exitoso en paisajes fragmentados y zonas cercanas a cuerpos de agua, aprovechando tanto recursos naturales como fuentes de alimento derivadas de actividades humanas (Lorenzo et al., 2011). Su elevada abundancia sugiere la existencia de recursos tróficos estables en el entorno y de refugios suficientes dentro de la matriz de vegetación y estructuras presentes.

El tercer mamífero registrado fue *Urocyon cinereoargenteus* (4 individuos), un cánido de comportamiento flexible que utiliza áreas de matorral, bordes de vegetación y ambientes secundarios. Su presencia refleja la disponibilidad de presas pequeñas —principalmente roedores e insectos— y la existencia de corredores de vegetación que permiten sus desplazamientos nocturnos (Fritzell & Haroldson, 1982). El número relativamente alto de individuos sugiere que el sitio funciona como un hábitat funcional para la especie.

Es importante señalar que **ninguna de las tres especies de mamíferos registradas se encuentra listada en la NOM-059-SEMARNAT-2010**, lo que es consistente con el hecho de que todas son especies ampliamente distribuidas y con elevada tolerancia a la perturbación. No obstante, su presencia conjunta indica que el área mantiene aún suficiente heterogeneidad ambiental y recursos ecológicos para sustentar comunidades de mamíferos medianos.

El análisis de diversidad de Shannon-Wiener arrojó un valor de **H' = 1.0579**, cifra esperada para comunidades de mamíferos compuestas por un número reducido de especies pero con abundancias relativamente equilibradas (Magurran, 2004). La equidad obtenida (**J' = 0.9629**) es muy alta, lo que indica que ninguna especie domina fuertemente la comunidad; las abundancias relativas fueron de 46.1 % para *Procyon lotor*, 30.7 % para *Urocyon cinereoargenteus* y 23.0 % para *Didelphis virginiana*. Estos valores sugieren una comunidad estable, con presencia de mamíferos generalistas que cumplen roles ecológicos importantes como controladores de invertebrados, dispersores oportunistas de semillas y consumidores de frutos e insectos.

En conjunto, los resultados muestran que el sitio evaluado conserva elementos funcionales relevantes para la mastofauna nativa, particularmente especies de tamaño mediano con alta movilidad y plasticidad ecológica. La composición registrada es consistente con ambientes de vegetación secundaria y zonas de interfase entre ecosistemas costeros y terrestres, donde los mamíferos oportunistas encuentran condiciones favorables para su permanencia.

**Tabla 34. Lista de especies de mamíferos registrados en el predio**

| Mamíferos | | Abundancia | NOM 059 SEMARNAT 2010 |
|---|---|---|---|
| Familia | Especie | | |
| Didelphidae | *Didelphis virginiana* | 3 | |
| Procyonidae | *Procyon lotor* | 6 | |
| Canidae | *Urocyon cinereoargenteus* | 4 | |

**Tabla 35. Análisis de diversidad de mamíferos en el predio**

| Especie | Abundancia | pi | ln pi | pi (ln pi) |
|---|---|---|---|---|
| *Didelphis virginiana* | 3 | 0.230769231 | -1.466337069 | -0.338385477 |
| *Procyon lotor* | 6 | 0.461538462 | -0.773189888 | -0.356856871 |
| *Urocyon cinereoargenteus* | 4 | 0.307692308 | -1.178654996 | -0.362663076 |
| | **13** | **Diversidad** | $H' = -\sum pi \ln pi$ | **1.057905425** |
| | | **Equidad** | $J' = H'/H_{max}$ | **0.96294702** |

## IV.7. Conclusiones generales

El análisis integral de los componentes abióticos y bióticos del área de estudio permite establecer que la **construcción de una vivienda unifamiliar de uso veraniego** es ambientalmente **compatible con las características y dinámica ecológica del sitio**, siempre que se apliquen las medidas de prevención y mitigación correspondientes.

Desde el punto de vista físico, el área se localiza en una **planicie costera arenosa**, típica del litoral noroccidental de Yucatán, caracterizada por suelos someros de origen carbonatado, alta permeabilidad, ausencia de escurrimientos superficiales y fuerte influencia marina. Estas condiciones, junto con un **clima cálido subhúmedo** y vientos dominantes provenientes del norte y noreste, conforman un entorno dinámico pero predecible, en el cual las actividades de construcción de escala reducida, como una vivienda unifamiliar, **no generan modificaciones significativas** sobre los procesos geomorfológicos ni sobre la dinámica hidrológica local, siempre y cuando se mantenga la integridad del sustrato y se evite la compactación excesiva.

En el componente biótico, el **Sistema Ambiental**, con una superficie de 4,934,378.26 $m^2$, presenta un mosaico de asociaciones vegetales dominado por **manglar, duna costera, vegetación secundaria arbustiva de manglar y áreas antrópicas**, reflejando un paisaje costero en transición influido tanto por procesos naturales como por actividades humanas consolidadas. El muestreo florístico aplicado permitió identificar **15 especies vegetales**, principalmente adaptadas a condiciones de alta salinidad y exposición solar. La vivienda proyectada se inserta en un entorno ya transformado, correspondiendo su predio a zonas sin vegetación aparente o vegetación secundaria, lo cual **minimiza la afectación directa a comunidades vegetales primarias**.

La caracterización faunística mostró la presencia de un ensamble típico de ambientes costeros, compuesto por reptiles heliotérmicos, aves residentes y migratorias, y mamíferos de hábitos crepusculares o nocturnos. Los índices ecológicos calculados (Shannon, equidad y Margalef) para reptiles y aves indican comunidades funcionales bien establecidas, pero **no altamente sensibles a perturbaciones de pequeña escala**, siempre

que se eviten actividades que generen ruido excesivo, iluminación descontrolada o destrucción de microhábitats. Los recorridos realizados no detectaron especies de alta prioridad de conservación cuya presencia pudiera comprometer la viabilidad del proyecto más allá de las consideraciones normativas ya previstas.

En el **Área de Influencia** (294,116 $m^2$), evaluada únicamente en términos de riqueza biológica, se corroboró la continuidad de los patrones florísticos y faunísticos observados en el Sistema Ambiental, sin identificarse elementos críticos cuya integridad ecológica pudiera verse comprometida por la construcción de una vivienda aislada.

En síntesis, la vivienda propuesta, por su **baja escala constructiva**, **uso habitacional no intensivo**, **ocupación temporal** y **localización en un entorno con cobertura secundaria o antrópica**, representa una acción de **bajo impacto ambiental**, cuya implantación es **viable**, siempre que se mantengan los criterios de diseño sustentable, manejo adecuado de residuos, control de iluminación nocturna y prevención de afectación directa a la vegetación nativa circundante.

La evidencia técnica reunida en este capítulo respalda que el proyecto **no genera presiones significativas sobre los procesos ecológicos locales** y es compatible con la capacidad de carga del sistema costero donde se ubicará.

## IV.8. Bibliografía

Alongi, D. M. (2012). Carbon sequestration in mangrove forests. *Carbon Management*, 3(3), 313–322.

Baker, R. M., et al. (2020). Global invasion patterns of *Hemidactylus frenatus*. *Biological Invasions*.

Bauer-Gottwein, P., Gondwe, B. R. N., Charvet, G., Marín, L. E., Rebolledo-Vieyra, M., & Merediz-Alonso, G. (2011). Review: The Yucatán Peninsula karst aquifer, Mexico. *Hydrogeology Journal*, 19, 507–524.

Bautista, F., Batllori, E., Palacio-Aponte, G., Ortiz-Pérez, M. A., & Zinck, J. A. (2015). *Geoformas, suelos y paisaje en la Península de Yucatán*. Universidad Autónoma de Campeche.

Berlanga, H., Oliveras de Ita, A., & Arizmendi, M. (2007). *Patrones de riqueza y endemismo de las aves de México*. CONABIO.

Brower, J. E., Zar, J. H., & von Ende, C. N. (1998). *Field and Laboratory Methods for General Ecology*. WCB/McGraw-Hill.

Brush, T. (2004). *A Guide to the Birds of the Gulf of Mexico*. Texas A&M University Press.

Buckland, S. T., Anderson, D. R., Burnham, K. P., & Laake, J. L. (2001). *Introduction to Distance Sampling*. Oxford University Press.

Campbell, J. A. (1998). *Amphibians and Reptiles of Northern Guatemala, the Yucatán, and Belize*. University of Oklahoma Press.

Ceballos, G., & Oliva, G. (2005). *Los mamíferos silvestres de México*. CONABIO–Fondo de Cultura Económica.

Cochran, W. G. (1977). *Sampling Techniques* (3rd ed.). Wiley.

CONABIO (2008). *Manglares de México: Extensión, distribución y monitoreo*. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad.

CONAGUA (2020). *Atlas del Agua en México 2020*. Comisión Nacional del Agua.

Crump, M. L., & Scott, N. J. (1994). Visual encounter surveys. In Heyer et al. (Eds.), *Measuring and Monitoring Biological Diversity: Standard Methods for Amphibians* (pp. 84–91). Smithsonian Institution Press.

Duellman, W. E., & Trueb, L. (1994). *Biology of Amphibians*. Johns Hopkins University Press.

Espejel, I. (1984). Vegetación de dunas costeras de México. *Biotica*, 9(1), 47–66.

FAO (2015). *World Reference Base for Soil Resources 2014, update 2015*. Food and Agriculture Organization of the United Nations.

Fritzell, E. K., & Haroldson, K. J. (1982). *Urocyon cinereoargenteus*. *Mammalian Species*, (189), 1–8.

Gardner, A. L. (Ed.). (2005). *Mammals of South America*. University of Chicago Press.

García, E. (2004). *Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen*. UNAM.

Herrera-Silveira, J. A., Comín, F. A., & Troccoli-Ghinaglia, L. (2020). Ecosistemas costeros del Golfo de México: estructura y funcionamiento. *Revista de Biología Tropical*, 68(S1), S45–S62.

Herrera-Silveira, J., et al. (2004). *Los ecosistemas de la Península de Yucatán: Diagnóstico y tendencias*. Universidad Autónoma de Yucatán.

Herrera-Silveira, J., et al. (2010). Coastal dune vegetation and environmental gradients in Yucatán. *Journal of Coastal Research*, 26(2), 263–273.

Herrera-Silveira, J., et al. (2020). Coastal ecosystems of the Yucatán Peninsula: ecology, biodiversity, and conservation.

Herrera-Silveira, J., et al. (2020). Coastal ecosystems of the Yucatán Peninsula: structure and functioning.

Howell, S. N. G., & Webb, S. (1995). *A Guide to the Birds of Mexico and Northern Central America*. Oxford University Press.

INEGI (2014). *Continuo Nacional Edafológico*. Instituto Nacional de Estadística y Geografía.

INEGI (2016). *Unidades geomorfológicas de México*. Instituto Nacional de Estadística y Geografía.

INEGI (2017). *Conjunto de Datos Vectoriales de Uso del Suelo y Vegetación, Serie VII*. Instituto Nacional de Estadística y Geografía.

INEGI (2020). *Conjunto de Datos Vectoriales de Uso del Suelo y Vegetación, Serie VII*. Instituto Nacional de Estadística y Geografía.

INEGI (2020). *Conjunto de Datos Vectoriales de Hidrología Superficial*. Instituto Nacional de Estadística y Geografía.

INEGI (2022). *Conjunto de Datos Vectoriales de Uso del Suelo y Vegetación Serie VII*. Instituto Nacional de Estadística y Geografía.

Jiménez, J. A., & Sauter, K. (1991). Structure and dynamics of mangrove forests along a flooding gradient. *Estuaries*, 14(2), 143–148.

Kent, M. (2012). *Vegetation Description and Data Analysis: A Practical Approach*. Wiley-Blackwell.

Köhler, G. (2011). *Amphibians of Central America*. Herpeton.

Krebs, C. J. (1999). *Ecological Methodology* (2nd ed.). Benjamin Cummings.

Lamprecht, H. (1989). *Silvicultura en los trópicos*. GTZ.

Lara-Domínguez, A. L., & Yáñez-Arancibia, A. (1999). Función ecológica de los manglares en México. En *Diversidad, amenazas y áreas prioritarias*. CONABIO.

Lee, J. (1996). *The Amphibians and Reptiles of the Yucatán Peninsula*. Cornell University Press.

Lee, J. C. (2000). *A Field Guide to the Amphibians and Reptiles of the Maya World*. Cornell University Press.

Lorenzo, C., Naranjo, E., & Bolaños, J. (2011). *Mamíferos de la Península de Yucatán*. ECOSUR–Conabio.

Loss, S. R., Will, T., & Marra, P. P. (2013). The impact of free-ranging domestic cats on wildlife of the United States. *Nature Communications*, 4:1396.

Lugo, A. E., & Snedaker, S. C. (1974). The ecology of mangroves. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 5, 39–64.

Magurran, A. E. (2004). *Measuring Biological Diversity*. Blackwell Publishing.

Martínez, M. L., & Moreno-Casasola, P. (1996). Effects of disturbance by sand movement and inundation on coastal dune vegetation. *Canadian Journal of Botany*, 74, 1502–1512.

Martínez, M. L., Psuty, N. P., & Lubke, R. (2014). *Coastal Dunes: Ecology and Conservation*. Springer.

Martínez-Sánchez, F., et al. (2018). Diversidad de reptiles en dunas costeras del sureste de México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*.

Mayorga-Muñoz, M., & Domínguez-Mora, R. (2011). Variabilidad de la canícula en México y su relación con la precipitación. *Atmósfera*, 24(1), 1–14.

Monterrubio-Rico, T. C., & Escalante, P. (2006). Aves de la península de Yucatán. En *Biodiversidad de la Península de Yucatán*. ECOSUR.

Mostacedo, B., & Fredericksen, T. (2000). *Manual de Métodos Básicos de Muestreo y Análisis en Ecología Vegetal*. BOLFOR.

Mueller-Dombois, D., & Ellenberg, H. (1974). *Aims and Methods of Vegetation Ecology*. Wiley.

Pennington, T. D., & Sarukhán, J. (2005). *Árboles tropicales de México* (3a ed.). UNAM & Fondo de Cultura Económica.

Perry, E., Swift, J., Gutiérrez-Aguirre, M., Reeve, A., Harrington, C., & Lidz, B. (2009). Geologic and hydrologic controls on coastal groundwater flow in the Yucatán Peninsula. *Journal of Hydrology*, 367, 9–21.

Perry, E., Velázquez-Olimán, G., & Socki, R. (2002). Hydrogeology of the Yucatán Peninsula. In *A new view of the Yucatán Peninsula* (pp. 115–138). Geological Society of America.

Pool, D. J., Snedaker, S. C., & Lugo, A. E. (1977). Structure of mangrove forests in Florida, Puerto Rico, Mexico, and Costa Rica. *Biotropica*, 9(3), 195–212.

Psuty, N. P., & Moreira, M. E. (1992). Dune and beach dynamics on a tropical coastline. *Journal of Coastal Research*, 8(2), 431–447.

Ramos, M. A. (1999). Migración de aves playeras en el Golfo de México. *Revista de Biología Tropical*, 47(1–2), 215–225.

Reid, F. (2009). *A Field Guide to the Mammals of Central America and Southeast Mexico*. Oxford University Press.

Schaldach, W. J., Escalante, P., & Navarrette, J. (2000). *Aves de la Península de Yucatán*. UNAM, Instituto de Biología.

SEMARNAT (2010). *NOM-059-SEMARNAT-2010*. Diario Oficial de la Federación.

SEMARNAT (2018). *Guía para la elaboración de Manifestaciones de Impacto Ambiental*.

Servicio Geológico Mexicano (2022). *Carta Geológica de la República Mexicana*. Secretaría de Economía.

SMN (2019). *Impacto histórico de ciclones tropicales*. Servicio Meteorológico Nacional.

Sutherland, W. J. (2006). *Ecological Census Techniques* (2nd ed.). Cambridge University Press.

Thompson, S. K. (2012). *Sampling* (3rd ed.). Wiley.

Tomlinson, P. B. (1986). *The Botany of Mangroves*. Cambridge University Press.

Twilley, R. R., Chen, R., & Hargis, T. (1996). Carbon sinks in mangroves and their implications to climate change. *Ambio*, 25(1), 39–45.

Vitt, L. J., & Caldwell, J. P. (2014). *Herpetology: An Introductory Biology of Amphibians and Reptiles* (4th ed.). Academic Press.

# CAPITULO V

# IDENTIFICACIÓN, DESCRIPCIÓN Y EVALUACIÓN DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES

## MANIFESTACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL, MOD. PARTICULAR PARA EL PROYECTO:

## CASA FLORES

SISAL, HUNUCMÁ, YUCATÁN
NOVIEMBRE, 2025

**TABLA DE CONTENIDO**

V. IDENTIFICACIÓN, DESCRIPCIÓN Y EVALUACIÓN DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES. ..... 3
V.1. Metodología para evaluar los impactos ambientales ..... 3
V.1.1. Indicadores de impacto ..... 3
V.1.2. Lista descriptiva de los indicadores de impacto para el proyecto ..... 5
V.1.3. Criterios y metodologías de evaluación para el proyecto. ..... 6
V.1.4. Descripción de los impactos identificados para el proyecto ..... 11
V.1.5. Evaluación de los impactos para el proyecto ..... 13

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

## V.1. Metodología para evaluar los impactos ambientales

En este capítulo se identifica y evalúa los impactos ambientales y sociales que se presentarán durante las diferentes etapas del presente proyecto. Para tal efecto, se interrelacionan las acciones y/o actividades del proyecto con los componentes del ambiente, con un criterio de causa-efecto, evaluando el carácter adverso o favorable del impacto.

La aplicación metodológica sugiere, por una parte, los sistemas ecológicos naturales y por otra parte, las acciones del proyecto en sí, de tal manera que se puedan evaluar las interacciones que se producen entre ambos, a fin de tener una idea real del comportamiento de todo el sistema.

Las acciones derivadas del proyecto para la aplicación de la siguiente metodología responden a los criterios siguientes: son significativos, son independientes y son medibles.

Para la identificación de las acciones se inició con una revisión bibliográfica de documentos existentes para el área donde incide el proyecto, tales como artículos públicos, tesis de maestría y licenciatura, fotos satelitales, situación legal, entre otros. Una vez identificado y ubicado el sitio, se realizaron visitas al lugar para obtener información acerca de la flora, fauna, paisaje y calidad ambiental del sitio, para después complementar con información proporcionada por el promovente.

La importancia de la correcta evaluación y mesura de los impactos radica en que, a base a los resultados obtenidos se determina si un proyecto cumple o no con la legislación y normas ambientales vigentes. En este proyecto se emplea una metodología sencilla pero que abarca los principales aspectos ambientales de evaluación.

Como se ha descrito en el capítulo 2 del presente documento el proyecto consiste en la **construcción de una vivienda unifamiliar que incluye una zona de conservación** en la zona costera de Sisal, dentro del Municipio de Hunucmá.

### V.1.1. Indicadores de impacto

Los elementos que constituyen un ecosistema se denominan componentes ambientales; a su vez, los elementos de una actividad que interactúan con el ambiente se señalan como aspectos ambientales. Cuando los efectos de estos aspectos se tornan significativos para el hombre y su ambiente, adquieren la connotación de impactos ambientales.

Un efecto ambiental es cualquier alteración al ambiente resultante de la acción del hombre, mientras que un impacto es la alteración significativa del ambiente. El primero se puede definir convencionalmente como el cambio parcial en la salud del hombre, en su bienestar o en su entorno, debido a la interacción de las actividades humanas con los sistemas naturales. Según esta definición, un impacto puede ser positivo o negativo.

Los impactos se consideran significativos cuando superan los estándares de calidad ambiental, criterios técnicos, hipótesis científicas, comprobaciones empíricas, juicio profesional, valoración económica, ecológica o social, entre otros criterios.

Se realizó un listado de las actividades que se realizaran durante el desarrollo del proyecto "**CASA RAGSDALE**", para una mejor evaluación, se optó por dividir las actividades de todo el proyecto en 3 etapas que se presentan a continuación (Tabla 1):

**Tabla 1. Lista de actividades generales del proyecto.**

| Etapa | Actividades del proyecto |
|---|---|
| **Preparación del sitio** | Verificación topográfica.<br>Trazo topográfico<br>Relleno y nivelación. |
| **Construcción** | Acometida eléctrica, instalaciones de alumbrado.<br>Cimentación<br>Obra civil (Levantamiento de paredes y entre pisos<br>Acabados, etc.). |
| **Operación y Mantenimiento** | Mantenimiento general de la infraestructura |

Con base en el listado de actividades anteriores se realizó un análisis de los componentes ya sean físicos, químicos, bióticos, ambientales o socioeconómicos que pueden ser afectados en menor o mayor grado durante la realización de dichas actividades.

Es importante mencionar que los efectos sobre dichos Indicadores pueden ser positivos o negativos y variar según las diferentes etapas del proyecto, por lo que al momento de realizar una evaluación de impacto ambiental se dividirá el proyecto en varias etapas o fases para poder realizar un análisis más preciso.

En base a lo antes mencionado se propone el siguiente listado de Indicadores Ambientales:

**Tabla 2. Componentes del medio seleccionados como indicadores de impacto.**

| Componente | Indicador |
|---|---|
| **Abióticos (Físicos y Químicos)** | Calidad del aire<br>Calidad del suelo<br>Estabilidad del suelo<br>Calidad de agua subterránea<br>Disponibilidad de agua<br>Generación de ruido |
| | Vegetación terrestre |

| Componente | Indicador |
|---|---|
| **Bióticos (Flora y Fauna)** | Fauna terrestre<br>Hábitat terrestre |
| **Abióticos (Paisaje)** | Microclima<br>Estructura del paisaje<br>Calidad sanitaria del ambiente |
| **Socioeconómicos** | Empleo y mano de obra<br>Infraestructura y servicios<br>Calidad de vida<br>Patrones de vida |

### V.1.2. Lista descriptiva de los indicadores de impacto para el proyecto.

**Calidad del aire:** Este indicador es de fácil medición y control. Se refiere a las emisiones de los vehículos automotores y maquinaria utilizada en las fases del proyecto. También se refiere a la dispersión de partículas suspendidas (polvos) producto del rodamiento de vehículos y maquinaria en el sitio y por el transporte de material pétreo.

**Calidad del suelo:** Evalúa los daños producidos por el lixiviado de residuos en general. Se entiende también como las modificaciones que sufre el suelo debido a los cambios en el relieve como pueden ser cortes o rellenos de material.

**Estabilidad del suelo.** Son las modificaciones que ocasionara el proyecto en cuanto a hundimientos y deslizamientos en el sitio.

**Calidad del Agua subterránea:** Se refiere a las afectaciones que pueda recibir el agua subterránea debido a infiltración o vertido accidental de contaminantes tales como lixiviados, agua residual sin tratamiento, derrames accidentales de aceites o combustibles, etc.

**Generación de ruido:** Corresponde al generado por los vehículos y maquinara utilizada en las fases del proyecto.

**Vegetación terrestre:** Para medir este indicador se utiliza el grado de afectación o daño producido a la capa vegetal en cuanto a la pérdida de superficie (en porcentaje de desmonte) y al tipo de vegetación afectada (matorral de duna, selva baja, pastizales, etc.).

**Fauna Terrestre:** Hace énfasis a los efectos directos que tendrá la fauna por las actividades del proyecto, como el desplazamiento hacia otras zonas, colonización y adaptación de las especies a las nuevas condiciones del sitio, muerte accidental de algunos animales (atropellamiento).

**Hábitat terrestre:** Indica la eliminación, reducción o deterioro de sitios de resguardo de las especies terrestres localizadas en el sitio.

**Microclima:** Un microclima es un clima local de características distintas a las de la zona en que se encuentra. El microclima es un conjunto de afecciones atmosféricas que caracterizan un contorno o ámbito reducido. Este indicador hace referencia a las modificaciones locales de los distintos microclimas del sitio. Puede decirse que es el clima a pequeña escala que afecta directamente a una comunidad.

**Estructura del paisaje:** El paisaje es un componente complejo dentro del ámbito ambiental, es concebido como una unidad espacial y temporalmente pluriescalar caracterizada por unos patrones de distribución, funciones y una red de flujos de materia, energía e información.

**Calidad Sanitaria del Ambiente:** Indica las condiciones ambientales del sitio y de las zonas aledañas por efecto de las actividades inherentes del proyecto. Se evalúan las condiciones de los servicios ambientales en la zona tales como: presencia de residuos sólidos, generación de olores, gases, proliferación de fauna nociva y presencia de residuos peligrosos. La calidad del ambiente debe permitir a los habitantes futuros llevar una vida sana, manteniendo en buenas condiciones al componente medioambiental.

**Empleo y mano de obra:** Se refiere a las oportunidades de empleo que generara el proyecto. Se consideran únicamente los empleos directos temporales y permanentes que pudieran ocurrir y no se consideran los empleos indirectos.

**Infraestructura y Servicios:** Hace referencia a servicios e infraestructura adicionales que se requiera contratar tales como renta de sanitarios, recolección de basura, renta de máquinas para mantenimientos.

**Calidad de vida:** Se refiere a las condiciones socioeconómicas de los habitantes actuales y futuros de la región, que serán afectados por el proyecto. La calidad de vida se refiere a los servicios básicos tales como electricidad, agua potable, drenaje o alcantarillado, servicios de salud, servicios de sanidad (recolección de basura, tratamiento de agua residual, etc.).

**Patrones de vida:** Indica las modificaciones en los patrones de vida de los habitantes del sitio y de las zonas aledañas.

### V.1.3. Criterios y metodologías de evaluación para el proyecto.

Para la Evaluación de Impacto Ambiental (EIA) **se propone un modelo de evaluación basado en el método de matrices causa y efecto, derivadas de la matriz de Leopold con resultados cualitativos y del método del Instituto Batalle - Columbus,** con resultados cuantitativos, que consiste en un cuadro de doble entrada en cuyas columnas figuran las acciones impactantes y en las filas, los factores ambientales susceptibles a recibir impactos (*Conesa Fdez.- Vitora Vicente, Madrid 2000*).

La metodología de valoración de impactos adoptada es del tipo numérico, cumpliendo con los tres requisitos del modelo ideal de valoración (Adecuación, Conceptual y adecuación de la información de manera total y Adecuación matemática de manera parcial), sacrificando, no obstante parte del rigor matemático en favor de la posibilidad de considerar una mayor cantidad de información *(Conesa Fdez.- Vitora Vicente, Madrid 1997).*
La valoración cuantitativa del impacto ambiental, incluye la transformación de medidas de impactos en unidades inconmensurables a valores conmensurables de calidad ambiental, y suma ponderada de ellos para obtener el impacto ambiental total.

Una vez identificadas las acciones y los factores ambientales que, presumiblemente, serán impactados por aquellas, las matrices creadas en el presente trabajo en donde se relacionen dichos aspectos nos permitirán obtener una valoración cualitativa de los impactos ambientales.

Se procederá a evaluar los impactos identificados, por medio de matrices, de acuerdo con los criterios de evaluación carácter, magnitud, significado, grado de certidumbre, plazo en que aparece, duración, extensión, reversibilidad, tipo, etc.

Se emplean los siguientes criterios para la evaluación de los impactos:

**Carácter del impacto (CI):** se refiere al efecto beneficioso (+) o perjudicial (-) de las diferentes acciones que van a incidir sobre los factores considerados.

**Intensidad del impacto (I):** representa la cuantía o el grado de incidencia de la acción sobre el factor en el ámbito específico en que actúa.

**Extensión del impacto (EX):** se refiere al área de influencia teórica del impacto en relación con el entorno del proyecto.

**Sinergia (SI):** este criterio contempla el reforzamiento de dos o más efectos simples, pudiéndose generar efectos sucesivos y relacionados que acentúan las consecuencias del impacto analizado.

**Persistencia (PE):** refleja el tiempo en supuestamente permanecería el efecto desde su aparición.

**Efecto (EF):** se interpreta como la forma de manifestación del efecto sobre un factor como consecuencia de una acción, o lo que es lo mismo, expresa la relación causa – efecto.

**Momento del impacto (MO):** alude al tiempo que transcurre entre la acción y el comienzo del efecto sobre el factor ambiental.

**Acumulación (AC):** este criterio o atributo da idea del incremento progresivo de la manifestación del efecto cuando persiste de forma continuada o reiterada la acción que lo genera.

**Recuperabilidad (MC):** se refiere a la posibilidad de reconstrucción total o parcial del factor afectado como consecuencia del proyecto.

**Reversibilidad (RV):** hace referencia al efecto en el que la alteración puede ser asimilada por entorno (de forma medible a corto, mediano o largo plazo) debido al funcionamiento de los procesos naturales; es decir la posibilidad de retornar a las condiciones iníciales previas a la acción por medios naturales.

**Periodicidad (PR):** se refiere a la regularidad de manifestación del efecto.

Con el establecimiento de los criterios con los que se evaluaran los impactos, se procede con los valores que podría adquirir cada criterio con respecto al impacto evaluado, esto con el fin de que el impacto adquiera un valor del impacto en unidades cuantitativas y mesurables que nos permitan hacer la correcta evaluación y análisis de los alcances de cada impacto.

**Tabla 3. Valor de los criterios para la evaluación de los impactos.**

| Denominación o significado del criterio | | Valor | Clasificación | Impacto |
|---|---|---|---|---|
| **(CI)** | **Carácter del impacto.** | | | |
| | Se refiere al efecto benéfico o perjudicial de las diferentes acciones que van a incidir sobre los factores ambientales considerados. | **(+)**<br>**(–)** | Positivo.<br>Negativo. | |
| | | **(X)** | Previsto. | Difícil de calificar sin estudios detallados, que reflejarán efectos cambiantes difíciles de predecir o efectos asociados a circunstancias externas al proyecto, cuya naturaleza (beneficiosa o perjudicial) no puede precisarse sin un estudio global de las mismas. |
| **(I)** | **Intensidad del impacto.** | | | |
| | (Grado de afectación) Representa la cuantía o el grado de incidencia de la acción sobre el factor en el ámbito específico en que actúa. | **(1)** | Baja. | Afectación mínima. |
| | | **(2)** | Media. | |
| | | **(4)**<br>**(8)**<br>**(12)** | Alta.<br>Muy alta.<br>Total | Destrucción casi total del factor. |
| **(EX)** | **Extensión del impacto.** | | | |
| | Se refiere al área de influencia teórica del impacto en relación con el entorno del proyecto (% del área respecto al entorno en que se manifiesta el efecto). | **(1)**<br>**(2)**<br>**(4)**<br>**(8)**<br>**(+4)** | Puntual.<br>Parcial.<br>Extenso.<br>Total.<br>Crítico. | Efecto muy localizado.<br>Incidencia apreciable en el medio.<br>Afecta una gran parte del medio.<br>Generalizado en todo el entorno<br>El impacto se produce en una situación crítica; se atribuye un valor de +4 por encima del valor que le correspondía. |
| **(SI)** | **Sinergia.** | | | |

| Denominación o significado del criterio | | Valor | Clasificación | Impacto |
|---|---|---|---|---|
| | Este criterio contempla el reforzamiento de dos o más efectos simples, pudiéndose generar efectos sucesivos y relacionados que acentúan las consecuencias del impacto analizado. | **(1)**<br>**(2)**<br>**(4)** | No sinérgico<br>Sinérgico<br>Muy sinérgico | Cuando una acción actuando sobre un factor no incide en otras acciones que actúan sobre un mismo factor.<br>Presenta sinergismo moderado.<br>Altamente sinérgico |
| **(PE)** | **Persistencia.**<br>Refleja el tiempo que supuestamente permanecería el efecto desde su aparición. | **(1)**<br>**(2)**<br>**(4)** | Fugaz.<br>Temporal.<br>Permanente. | ( < 1 año).<br>(De 1 a 10 años).<br>( > 10 años). |
| **(EF)** | **Efecto.** | | | |
| | Se interpreta como la forma de manifestación del efecto sobre un factor como consecuencia de una acción, o lo que es lo mismo, expresa la relación causa – efecto. | **(1)** | Directo o primario. | Su efecto tiene una incidencia inmediata en algún factor ambiental, siendo la representación de la acción consecuencia directa de esta. |
| | | **(0)** | Indirecto o secundario. | Su manifestación no es directa de la acción, sino que tiene lugar a partir de un efecto primario, actuando éste como una acción de segundo orden. |
| **(MO)** | **Momento del impacto.**<br>Alude al tiempo que transcurre entre la acción y el comienzo del efecto sobre el factor ambiental. | **(1)**<br>**(2)**<br>**(4)** | Largo plazo.<br>Mediano Plazo.<br>Corto Plazo. | El efecto demora más de 5 años en manifestarse.<br>Se manifiesta en términos de 1 a 5 años.<br>Se manifiesta en términos de 1año. |
| | | **(+4)** | Crítico, | Si ocurriera alguna circunstancia crítica en el momento del impacto se adicionan 4 unidades. |
| **(AC)** | **Acumulación.**<br>Este criterio o atributo da idea del incremento progresivo de la manifestación del efecto cuando persiste de forma continuada o reiterada la acción que lo genera. | **(1)** | Simple. | Es el impacto que se manifiesta sobre un solo componente ambiental, o cuyo modo de acción es individualizado, sin consecuencia en la inducción de nuevos efectos, ni en la de su acumulación, ni en la de sinergia. |

| Denominación o significado del criterio | | Valor | Clasificación | Impacto |
|---|---|---|---|---|
| | | **(4)** | Acumulativo. | Es el efecto que al prolongarse en el tiempo la acción del agente inductor, incrementa progresivamente su gravedad, al carecer el medio de mecanismos de eliminación con efectividad temporal similar a la del incremento de la acción causante del impacto. |
| **MC)** | **Recuperabilidad.** | | | |
| | Posibilidad de introducir medidas correctoras, protectoras y de recuperación. Se refiere a la posibilidad de reconstrucción total o parcial del factor afectado como consecuencia del proyecto, es decir, la posibilidad de retomar a las condiciones iníciales (previas a la acción) por medio de la intervención humana. | **(1)**<br>**(2)**<br>**(4)** | Recuperable de inmediato.<br>Recuperable a mediano plazo.<br>Mitigable. | El efecto puede recuperarse parcialmente. |
| | | **(8)** | Irrecuperable. | Alteración imposible de recuperar, tanto por la acción natural como por la humana. |
| **(RV)** | **Reversibilidad.** | | | |
| **(PR)** | Posibilidad de regresar a las condiciones iníciales por medios naturales. Hace referencia al efecto en el que la alteración puede ser asimilada por entorno (de forma medible a corto, mediano o largo plazo) debido al funcionamiento de los procesos naturales. | **(1)** | Corto plazo. | Retorno a las condiciones iníciales en menos de 1 año. |
| | | **(2)** | Mediano plazo. | Retorno a las condiciones iníciales en entre 1 y 10 años. |
| | | **(4)** | Irreversible. | Imposibilidad o dificulta extrema de retornar por medios naturales a las condiciones naturales, o hacerlo en un periodo mayor de 10 años. |
| | **Periodicidad.** | | | |
| | Regularidad de manifestación del efecto. Se refiere a la regularidad de manifestación del efecto. | **(1)** | Irregular. | El efecto se manifiesta de forma impredecible. |
| | | **(2)** | Periódica. | El efecto se manifiesta de manera cíclica o recurrente. |
| | | **(4)** | Continua. | El efecto se manifiesta constante en el tiempo. |
| **Valoración cuantitativa del impacto** | | | | |
| **(IM)** | **Importancia del efecto.** | | | |

| Denominación o significado del criterio | | Valor | Clasificación | Impacto |
|---|---|---|---|---|
| | Se obtiene a partir de la valoración cuantitativa de los criterios explicados anteriormente | **IM = ±[3(I) + 2(EX) + SI + PE + EF + MO + AC + MC + RV + PR]** | | |
| **(CLI)** | **Clasificación del impacto.** | | | |
| | Partiendo del análisis del rango de la variación de la mencionada importancia del efecto **(IM)**. | **(CO)** | **COMPATIBLE** | Si el valor es menor o igual que 25 |
| | | **(M)** | **MODERADO** | si su valor es mayor que 25 y menor o igual que 50 |
| | | **(S)** | **SEVERO** | si el valor es mayor que 50 y menor o igual que 75 |
| | | **(C)** | **CRITICO** | Si el valor es mayor que 75 |

### V.1.4. Descripción de los impactos identificados para el proyecto

Los impactos ambientales sobre los componentes del medio ambiente son el resultado de las acumulaciones de impactos de diversa magnitud y alcance. Además, el medio donde se llevarán a cabo dichas actividades podría variar de un proyecto a otro. Entonces cada medio receptor tendrá una mayor o menor capacidad para responder ante los efectos producidos por las actividades derivadas de un proyecto. Entonces podríamos decir que los impactos varían en cuanto a intensidad e importancia debido a los siguientes factores:

- Las características propias del proyecto tales como magnitud, duración de las actividades, métodos empleados, entre otras.
- Las características propias del medio donde se llevará a cabo el proyecto tales como áreas protegidas o de importancia, zonas urbanas, tipo de vegetación presente, estructura del paisaje, hábitat, etc.

Partiendo de lo anterior es importante identificar los impactos mientras se examina detalladamente la compleja interacción entre las acciones del proyecto y los componentes del medio.

Analizando cada factor ambiental se enumeran a continuación los impactos que pudieran incidir en dichos factores. Cada factor tiene relacionado una o varias actividades de obra que causan algún efecto sobre él, estos efectos son enumerados, y posteriormente son analizados en una matriz donde se le asigna un valor dependiendo del criterio sobre el cual es calificado.

A continuación, se enlistan los impactos identificados sobre cada componente:

**Tabla 4. Impactos identificados.**

| FACTORES MEDIO AMBIENTALES | IMPACTOS IDENTIFICADOS | NUMERO DE IMPACTO |
|---|---|---|
| FACTOR Calidad del Aire | | 1 |

| FACTORES MEDIO AMBIENTALES | | IMPACTOS IDENTIFICADOS | NUMERO DE IMPACTO |
|---|---|---|---|
| | | Efectos negativos en la atmósfera por la incorporación de polvos y partículas generados por la entrada y salida de los vehículos y maquinarias. | |
| | | Efectos negativos en la atmósfera por la generación de emisiones tales como gases de combustión y vapores. | 2 |
| | Calidad del suelo | Afectaciones a la calidad del suelo por lixiviados, residuos sólidos y fisiológicos que generarán los trabajadores. | 3 |
| | | Afectaciones al suelo por la generación de fugas o derrames de combustibles. | 4 |
| | Estabilidad del Suelo | Posibles efectos durante los trabajos de excavación y nivelación. | 5 |
| | Calidad del agua subterránea | Efectos en la calidad del agua subterránea por posibles fugas o derrames. | 6 |
| | Disponibilidad de agua | Efectos de disminución en los volúmenes de agua, debido a que, el proyecto necesitara el abastecimiento para su funcionamiento. | 7 |
| | Generación de ruido | Impactos por la generación de emisiones sonoras. | 8 |
| FACTORES BIÓTICOS | Vegetación terrestre | Afectaciones en la vegetación aledaña al sitio de construcción. | 9 |
| | Fauna Terrestre | Efectos en la fauna del sitio por la realización de los trabajos. | 10 |
| | Hábitat Terrestre | Modificaciones del hábitat por la construcción del proyecto. | 11 |
| FAC TOR | | | 12 |

| FACTORES MEDIO AMBIENTALES | | IMPACTOS IDENTIFICADOS | NUMERO DE IMPACTO |
|---|---|---|---|
| | Estructura de paisaje | Modificaciones en la estructura del paisaje que cambiaran la calidad visual de la zona. | |
| | Microclima | Afectaciones al microclima de la zona ya que se implantará una nueva característica inexistente anteriormente. | 13 |
| | Calidad sanitaria del ambiente | Efectos en la calidad sanitaria por la generación de residuos sólidos y fisiológicos de los trabajadores, así como residuos sólidos no peligrosos (restos de comida, embalajes). | 14 |
| | | Efectos en la calidad sanitaria por la generación de residuos en las actividades de la vivienda durante la etapa de operación. | 15 |
| FACTORES SOCIOECONÓMICOS | Empleo y mano de obra | Efectos positivos en cuanto a la generación de empleos. | 6 |
| | Infraestructura y servicios | Beneficios por la contratación de infraestructura durante las etapas del proyecto. | 17 |
| | | Beneficios por la contratación de los servicios de recolección de basura | 18 |
| | Calidad de vida | Efectos en la calidad de vida debido a la derrama económica por los empleos temporales y permanentes de los trabajadores. | 19 |
| | Patrones de vida | Afectaciones mínimas en cambios y efectos benéficos sobre los patrones de vida de los pobladores cercanos al proyecto. | 20 |

### V.1.5. Evaluación de los impactos para el proyecto

Habiéndose identificado los principales impactos socioambientales que se pueden generar durante las etapas de preparación del sitio, construcción y operación, se procede a la correspondiente evaluación ambiental.
De acuerdo a los valores proporcionados en la tabla 3 para la calificación de los impactos, se les proporcionara un valor a los impactos identificados en el proyecto representando al impacto mediante un numero mencionado en la tabla de identificación de impactos, posteriormente se adicionan los valores para cada impacto siguiendo los criterios aquí mencionados: si el valor es menor o igual que 25 se clasifica como **COMPATIBLE (CO**), si su valor es mayor que 25 y menor o igual que 50 se clasifica como **MODERADO (M)**,

cuando el valor obtenido sea mayor que 50 pero menor o igual que 75 entonces la clasificación del impacto es **SEVERO (S**), y por último cuando se obtenga un valor mayor que 75 la clasificación que se asigna es de **CRITICO (C).**

Basándonos en el modelo Conesa Fdez.- Vitora Vicente, Madrid 2000, que deriva del libro Guía Metodológica para la Evaluación del Impacto Ambiental, se realizaron 3 matrices, una matriz para cada etapa del proyecto considerando que las valoraciones numéricas de los impactos son variables de acuerdo a las diferentes etapas del proyecto propuesto.

# CAPITULO VI

# MEDIDAS PREVENTIVAS Y DE MITIGACIÓN DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES

## MANIFESTACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL, MOD. PARTICULAR PARA EL PROYECTO:

## CASA FLORES

SISAL, HUNUCMÁ, YUCATÁN
NOVIEMBRE, 2025

**TABLA DE CONTENIDO**

VI. ESTRATEGIAS PARA LA PREVENCIÓN Y MITIGACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES, ACUMULATIVOS Y RESIDUALES DEL SISTEMA AMBIENTAL REGIONAL. 3
VI.1. Descripción de las medidas o programas de mitigación o correctivas por componente ambiental 3
VI.1.1. PER (presión, estado y respuesta) 3
VI.1.2. Medidas preventivas 4
VI.1.3. Medidas de mitigación 11
VI.1.4. Impactos residuales 14

# VI. ESTRATEGIAS PARA LA PREVENCIÓN Y MITIGACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES, ACUMULATIVOS Y RESIDUALES DEL SISTEMA AMBIENTAL REGIONAL.

## VI.1. Descripción de las medidas o programas de mitigación o correctivas por componente ambiental

En el presente capítulo se describen el conjunto de las medidas preventivas y mitigadoras que, tienen como finalidad la prevención y la mitigación de los impactos ambientales generados por el conjunto de las actividades del proyecto. Estas medidas deben ser aplicadas desde su etapa de diseño hasta su etapa de operación y mantenimiento. Estas medidas están en función de su naturaleza con respecto a las citadas etapas, de acuerdo con lo siguiente:

Las llamadas medidas **preventivas o protectoras**, se aplican para evitar, en la medida de lo posible, o minimizar los daños ocasionados por el proyecto, antes de que se lleguen a producir tales deterioros sobre el medio circundante.

Y las medidas **mitigadoras o correctoras** son aquellas que se utilizan para reparar o reducir los daños que son inevitables que se generen por las acciones del proyecto, de manera que sea posible concretar las actuaciones que son necesarias llevar a cabo sobre las causas que las han originado.

Por otro lado, el conjunto de todas estas medidas redactadas en el presente título se debe de poner en práctica posteriormente, en todas las fases del proyecto, es decir: preparación del sitio, construcción y operación y mantenimiento.

### VI.1.1. PER (presión, estado y respuesta)

El esquema PER está basado en una lógica de causalidad: las actividades humanas ejercen presiones (P) sobre el ambiente modificando con ellos la calidad y cantidad de los recursos naturales (Estado); asimismo, la sociedad responde a estos cambios a través de políticas ambientales, económicas y sectoriales (Respuestas).

El esquema PER agrupa los indicadores en tres categorías cuya interacción proporciona información sobre el proceso causa-efecto que hay detrás de diversas problemáticas

***Presión***

Describen las presiones que ejercen las diferentes actividades humanas sobre el ambiente y los recursos naturales. Los indicadores de presión se clasifican a su vez en dos grupos:

- El primero considera las presiones directas sobre el ambiente, frecuentemente ocasionadas por las actividades humanas.
- La segunda toma en cuenta las actividades humanas en sí mismas, es decir, las condiciones de aquellas actividades productivas o de otro tipo que generan la problemática.

***Estado***

Se refieren a la calidad del ambiente y la cantidad y estado de los recursos naturales. Los indicadores de estado deben estar diseñados para dar información sobre la situación del ambiente y sus cambios a través del tiempo.

Este tipo de indicadores se consideran también los efectos a la salud de la población y a los ecosistemas causados por el deterioro del ambiente.

***Respuesta***

Presentan los esfuerzos que realizan en la sociedad, instituciones o gobiernos, orientados a la reducción o mitigación de la degradación del ambiente.

Los indicadores así construidos tratan de reflejar y medir las interrelacionar entre el desarrollo socioeconómico y los fenómenos ecológico-ambientales y construir un punto de referencia para la evaluación del bienestar y de la sustentabilidad.

### VI.1.2. Medidas preventivas

Las medidas preventivas se presentan en las siguientes tablas:

**Tabla 1. Medidas preventivas para el indicador "Calidad del aire".**

| Impacto identificado | Medida | Etapa del proyecto | Efecto |
|---|---|---|---|
| **CALIDAD DEL AIRE** | | | |
| Se generarán emisiones a la atmosfera tales como polvos y partículas por la entrada y salida de vehículo. | Humedecer el material transportado y, cubrir los vehículos que transportan material con lonas. | PS - C<br>Esta actividad será de mayor importancia en la segunda etapa del proyecto. | Se controlará la emisión de polvo, reduciendo el impacto hacia la calidad del aire en el área de trabajo y en la zona en general. |
| Se generarán emisiones a la atmosfera tales como gases de combustión. | Uso de vehículos en buen estado con mantenimientos periódicos y verificación vehicular reciente de acuerdo con la Norma correspondiente. | PS - C<br>Esta actividad es de suma importancia en principalmente en las 2 primeras etapas del proyecto. | Se controlará la emisión de gases y partículas de combustión y vapores lo cual reducirá el impacto hacia la calidad del aire en el área de trabajo y en la zona en general. |

**Tabla 2. Medidas preventivas para el indicador "Calidad del suelo".**

| Impacto identificado | Medida | Etapa del proyecto | Efecto |
|---|---|---|---|
| **CALIDAD DE SUELO** | | | |
| Se consideran afectaciones por | Los residuos sólidos serán almacenados temporalmente en | PS – C | Se evitará la contaminación del |

| Impacto identificado | Medida | Etapa del proyecto | Efecto |
|---|---|---|---|
| los lixiviados provenientes de residuos sólidos y fisiológicos que generarán los trabajadores. | contenedores ubicados en áreas estratégicas que faciliten su recolección y trasladados al sitio de disposición final.<br>Los contenedores deberán estar rotulados y contar con tapa y bolsas plásticas.<br>Respecto a los residuos fisiológicos, para evitar el fecalismo al aire libre se instalarán sanitarios portátiles, el número (de sanitarios) estará en razón de 1 por cada 10 trabajadores. La recolecta y limpieza de los sanitarios para la disposición en sitios de tratamiento, estarán a cargo de una empresa establecida. | Esta medida aplica desde el inicio del desmonte en la zona de construcción.<br>Respecto a los sanitarios portátiles, estos serán utilizados durante las etapas de preparación del sitio y su construcción. | suelo por infiltración de lixiviados y por residuos sólidos dispersos en el área. |
| Afectación por la generación de fugas o derrames de combustibles. | No se almacenará temporalmente sustancias lubricantes, combustibles, solventes o alguna otra con características de peligrosidad en el área.<br>En cuanto a los vehículos, se mantendrán en buen estado y con verificación periódicas de acuerdo con la Norma. | PS - C- O<br>Se solicitará la bitácora de mantenimiento de los vehículos o maquinaria utilizada a medida que avanza el proyecto. | Se evitará la contaminación del suelo por la generación de fugas o derrames de combustibles. |

**Tabla 3. Medidas preventivas para el indicador "Estabilidad del suelo".**

| impacto identificado | medida | etapa del proyecto | efecto |
|---|---|---|---|
| **ESTABILIDAD DEL SUELO** | | | |
| Se afectará la estabilidad del suelo por los trabajos de excavación y nivelación, así como por la disminución de cubierta vegetal. | El suelo removido durante las actividades de cimentación permanecerá en el predio y será reintegrado en las áreas de conservación del Proyecto.<br>Se delimitará la superficie de trabajo para no afectar más de la autorizada. | PS - C<br>Se deberá delimitar la zona de construcción sin afectar una mayor superficie de la autorizada. | Minimiza los cambios en la continuidad de la superficie del terreno manteniendo la estabilidad del suelo. |

**Tabla 4. Medidas preventivas para el indicador "Calidad de Agua Subterránea".**

| Impacto identificado | Medida | Etapa del proyecto | Efecto |
|---|---|---|---|
| **CALIDAD DE AGUA SUBTERRÁNEA** | | | |
| Por efectos de la infiltración, el manto freático es vulnerable a contaminación por fugas o derrames accidentales de aceites, combustibles y residuos sólidos o fisiológicos. | Durante las etapas de preparación del sitio y de construcción se instalarán sanitarios portátiles, el manejo y disposición final de estos residuos será responsabilidad de la empresa prestadora del servicio.<br>No se almacenarán en el área del proyecto grandes cantidades de sustancias lubricantes, combustibles, solventes o alguna otra con características de peligrosidad<br>Para evitar derrames accidentales en el sitio, no se realizarán mantenimientos a equipos, maquinaria o vehículos automotores, así como carga de combustible.<br>Para la etapa de Operación se contará con un Sistema de Tratamiento de Aguas Residuales (descrito en el Cap.2) para la vivienda. | PS - C<br>Se delimitarán segmentos para el avance de trabajos. | Se evitará al máximo la liberación e infiltración de contaminantes al agua subterránea. |
| Debido a la infiltración, el manto es vulnerable a contaminación por fugas o derrames accidentales de aceites, combustibles y otros residuos. | Durante las etapas de preparación del sitio y construcción se instalarán sanitarios portátiles su manejo y disposición final será responsabilidad de la empresa prestadora de este servicio.<br>No se almacenarán en el área del proyecto grandes cantidades de sustancias lubricantes, combustibles, solventes o alguna otra con características de peligrosidad.<br>así como carga de combustible. | PS - C - O<br>Los sanitarios portátiles deberán estar desde el inicio de la obra hasta su finalización. El número de letrinas dependerá del número de trabajadores a razón de 1 letrina | Se evitará la contaminación de agua subterránea. |

| Impacto identificado | Medida | Etapa del proyecto | Efecto |
|---|---|---|---|
| | Para la etapa de Operación se contará con un Sistema de Tratamiento de Aguas Residuales (descrito en el Cap.2) para la vivienda. | por cada 10 trabajadores. | |

**Tabla 5. Medidas preventivas para el indicador "Disponibilidad de agua".**

| Impacto identificado | Medida | Etapa del proyecto | Efecto |
|---|---|---|---|
| **GENERACIÓN DE RUIDO** | | | |
| Efectos de disminución en los volúmenes de agua, debido a que, el proyecto necesitara el abastecimiento para su funcionamiento. | Durante las etapas de preparación y construcción el agua que se requiera será proporcionada por medio de la compra de pipas abastecedoras. Durante la operación del proyecto, la vivienda y todas sus instalaciones contaran con sistemas ahorradores de agua. | PS - C - O Se solicitarán las bitácoras o comprobantes de mantenimiento con el fin de verificar el buen estado de la maquinaria que se utilice. | Se evitará al máximo el consumo excesivo del agua. |

**Tabla 6. Medidas preventivas para el indicador "Generación de Ruido".**

| Impacto identificado | Medida | Etapa del proyecto | Efecto |
|---|---|---|---|
| **GENERACIÓN DE RUIDO** | | | |
| La construcción generará emisiones sonoras. | A todos los vehículos, equipos o maquinaria pesada que se pretenda utilizar durante el desarrollo de la obra, se les deberá practicar los mantenimientos correctivos y preventivos necesarios antes de su traslado y operación en el sitio seleccionado para el desarrollo de la obra. Para evitar problemas a la salud, todo el personal en obra será dotado del equipo de seguridad necesario, incluyendo tapones de goma para los oídos. | PS - C Se solicitarán las bitácoras o comprobantes de mantenimiento con el fin de verificar el buen estado de la maquinaria que se utilice. | Se controlará los niveles de ruido generados que pueden causar daños o problemas auditivos en el personal empleado. |

**Tabla 7. Medidas preventivas para el indicador "Vegetación Terrestre".**

| impacto identificado | medida | etapa del proyecto | efecto |
|---|---|---|---|
| **VEGETACIÓN TERRESTRE** | | | |
| Existirá remoción de la cubierta vegetal. | No se desmontará ningún área dado que el CUS ya fue realizado con una autorización previa.<br><br>Estará estrictamente prohibida las actividades siguientes:<br>- Extracción de especies del sitio, o partes de estas, para uso comercial, como mascota o alimento.<br>- Extracción de la vegetación nativa del sitio, o partes de estas, para su aprovechamiento, venta o cualquier otro tipo de explotación.<br>No se deberán ocupar o afectar superficies adicionales a las requeridas por el diseño evaluado en este documento.<br>Se deberá tener cuidado de no afectar las raíces de plantas que no queden inmersas en el área de afectación. | PS<br>Previo al inicio de obra se deberá delimitar el área de conservación para evitar afectar una mayor superficie a la autorizada. | Se respetará a la flora silvestre. |

**Tabla 8. Medidas preventivas para el indicador "Fauna Terrestre".**

| Impacto identificado | Medida | Etapa del proyecto | Efecto |
|---|---|---|---|
| **FAUNA TERRESTRE** | | | |
| Las actividades del proyecto ocasionarán que la fauna se refugie y emigre hacia áreas aledañas. | Que estrictamente prohibido cazar, capturar, lesionar, vender, regalar, matar o espantar a las especies de fauna silvestre que se avisten o localicen en el área seleccionada para realizar el proyecto. | PS-C<br>Previo a la obra se deberá reubicar la fauna que se encuentre en el sitio y que así lo requiera. | Se minimiza la posibilidad de afectación a la fauna silvestre |

**Tabla 9. Medidas preventivas para el indicador "Hábitat terrestre".**

| Impacto identificado | Medida | Etapa del proyecto | Efecto |
|---|---|---|---|
| **HÁBITAT TERRESTRE** | | | |
| Se creará una modificación del hábitat. | Ocupar únicamente la superficie establecida para el proyecto.<br>El proyecto plantea la implementación de un Área de Conservación igual al 50% del área total del predio. | PS - C - O<br>El hábitat se modificará durante la etapa preliminar y se mantendrá modificado durante la construcción y operación del proyecto. | Garantizar que la afectación del hábitat no ocurra en una superficie mayor a la ambientalmente compatible y autorizada. |

**Tabla 10. Medidas preventivas para el indicador "Estructura del paisaje".**

| Impacto identificado | Medida | Etapa del proyecto | Efecto |
|---|---|---|---|
| **ESTRUCTURA DEL PAISAJE** | | | |
| Creará un paisaje modificado que cambia la calidad visual de la zona | Ocupar únicamente la superficie establecida para el proyecto.<br><br>No utilizar más área de la autorizada.<br><br>El proyecto plantea la implementación de un Área de Conservación igual al 50% del área total del predio. | PS - C - O<br>Previo al inicio de la obra se deberá delimitar, la zona de conservación. | Se mantendrá cierta continuidad con la vegetación circundante por lo que los cambios en la estructura del paisaje se adaptan a lo establecido para la zona. |

**Tabla 11. Medidas preventivas para el indicador "Microclima".**

| Impacto identificado | Medida | Etapa del proyecto | Efecto |
|---|---|---|---|
| **MICROCLIMA** | | | |
| Se afectará al microclima de la zona ya que se implantará una nueva característica inexistente anteriormente en la zona. | Ocupar únicamente las áreas indicadas en el proyecto. | **PS - C - O**<br>**Se afectará el microclima después del desmonte y despalme de la zona.** | Las variaciones de microclima serán puntuales al área que ocupe la infraestructura. |

**Tabla 12. Medidas preventivas para el indicador "Calidad Sanitaria del Ambiente".**

| Impacto identificado | Medida | Etapa del proyecto | Efecto |
|---|---|---|---|
| **CALIDAD SANITARIA DEL AMBIENTE** | | | |
| Se generarán residuos sólidos y fisiológicos de los trabajadores, así como residuos sólidos no peligrosos (restos de comida, embalajes). | Se fomentará la separación de residuos según su naturaleza en orgánicos e inorgánicos. Colocar contenedores con bolsas plásticas, rotulados y con tapa en lugares accesibles y estratégicos para evitar la dispersión de residuos sólidos. Para evitar la generación de malos olores y la proliferación de fauna feral y/o plagas, los contenedores deberán contar con tapa y bolsas plásticas. | PS - C - O Esta medida será tomada en cuenta en todo momento desde la etapa de Preparación del Sitio y durante la construcción y Operación. | Se evitará el deterioro de la calidad sanitaria del ambiente. Se evitará la proliferación de insectos u otros organismos que pudieran afectar la salud. Se mantendrá el área del proyecto libre de residuos sólidos urbanos |

**Tabla 13. Medidas preventivas para el indicador "Empleo y Mano de Obra".**

| Impacto identificado | Medida | Etapa del proyecto | Efecto |
|---|---|---|---|
| **EMPLEO Y MANO DE OBRA** | | | |
| Se necesitará mano de obra durante la ejecución de los trabajos. | Se procurará que parte de los empleados provengan de las comunidades vecinas. | PS - C - O Previo al inicio del proyecto se debe contratar el personal. | Generar un beneficio directo a la economía de la zona. |

**Tabla 14. Medidas preventivas para el indicador "Patrones de Vida".**

| Impacto identificado | Medida | Etapa del proyecto | Efecto |
|---|---|---|---|
| **PATRONES DE VIDA** | | | |
| Afectaciones mínimas sobre el medio y efectos benéficos sobre los patrones de vida de los pobladores del complejo | Contratación de personal de las comunidades circunvecinas para la construcción, mantenimientos y vigilancia del proyecto conllevan ganancias económicas puntuales. | PS - C - O El proyecto dará empleos a gente de la zona y comunidades aledañas, con los respectivos beneficios en sus patrones de vida. | Los beneficios económicos y sociales modificaran positivamente los estilos de vida de los pobladores de manera temporal en la etapa de construcción y de manera menos significativa pero continua durante la |

| Impacto identificado | Medida | Etapa del proyecto | Efecto |
|---|---|---|---|
| | | | etapa de operación y mantenimiento. |

***PS: Preparación del Sitio. C: Construcción. O: Operación***

### VI.1.3. Medidas de mitigación

Las medidas de mitigación o compensación se presentan en las siguientes tablas:

**Tabla 15. Medidas de mitigación para el indicador "Calidad del aire".**

| Impacto identificado | Medida | Etapa del proyecto | Efecto |
|---|---|---|---|
| **CALIDAD DEL AIRE** | | | |
| La entrada y salida de los vehículos y maquinarias del personal generan la incorporación de polvos y partículas hacia la atmósfera. | Humedecer periódicamente el área de trabajo y colocar lonas en los vehículos que transporten material hacia y desde la obra. | PS - C - O<br>Esta actividad es de suma importancia en principalmente en las primeras 2 etapas del proyecto. | Se controlará la dispersión de polvo durante la etapa de preparación del sitio y construcción lo cual ayudará a mantener la calidad del aire en el área de trabajo. |

**Tabla 16. Medidas de mitigación para el indicador "Calidad del suelo".**

| Impacto identificado | Medida | Etapa del proyecto | Efecto |
|---|---|---|---|
| **CALIDAD DE SUELO** | | | |
| Posible afectación por la generación de fugas o derrames de combustibles. | En la etapa de preparación del sitio y construcción no se llevarán a cabo reparaciones o mantenimientos de maquinaria o vehículos en sitios del proyecto. En caso de ser estrictamente indispensable, se deberá utilizar tapetes plásticos sobre el piso en el cual se va a trabajar para contener los posibles derrames accidentales.<br>Si el derrame o fuga ya ocurrió como primera opción se procede a retirar la capa de suelo y almacenarla en contenedores plásticos con tapa, dicho material será puesto a disposición de | PS - C - O<br>Se solicitará la bitácora de mantenimiento de los vehículos o maquinaria utilizada a medida que avanza el proyecto. | Se evitará lo máximo posible la contaminación del suelo por la generación de fugas o derrames de combustibles. |

| Impacto identificado | Medida | Etapa del proyecto | Efecto |
|---|---|---|---|
| | una empresa certificada para el manejo del residuo. | | |

**Tabla 17. Medidas de mitigación para el indicador "Generación de Ruido".**

| Impacto identificado | Medida | Etapa del proyecto | Efecto |
|---|---|---|---|
| **GENERACIÓN DE RUIDO** | | | |
| La construcción generará emisiones sonoras. | El responsable de la implementación de la obra deberá proporcionar equipo de protección auditivo, nuevo y adecuado a todo el personal involucrado en el proyecto. | PS - C<br>Se les brindará el equipo adecuado a los trabajadores en el sitio del proyecto. | Se controlará los niveles de ruido generados que pueden causar daños o problemas auditivos en el personal empleado. |

**Tabla 18. Medidas de mitigación para el indicador "Vegetación Terrestre".**

| Impacto identificado | Medida | Etapa del proyecto | Efecto |
|---|---|---|---|
| **VEGETACIÓN TERRESTRE** | | | |
| Existirá remoción de la cubierta vegetal. | El proyecto plantea la implementación de un Área de Conservación igual al 50 % del área total del predio para preservar el paisaje natural. | PS<br>El Programa de reubicación se deberá llevar a cabo previo a los trabajos de desmonte en el sitio. | Se respetará a la flora silvestre. |

*Tabla 19. Medidas de mitigación para el indicador "Fauna Terrestre".*

| Impacto identificado | Medida | Etapa del proyecto | Efecto |
|---|---|---|---|
| **FAUNA TERRESTRE** | | | |
| Las actividades del proyecto ocasionarán que la fauna se refugie y emigre hacia áreas aledañas. | Se llevará a cabo un Programa de reubicación de las especies | PS<br>El Programa de reubicación deberá llevar a cabo previo a los trabajos de desmonte en el sitio. | Se minimiza la posibilidad de afectación a la fauna silvestre. |

**Tabla 20. Medidas de mitigación para el indicador "Hábitat terrestre".**

| Impacto identificado | Medida | Etapa del proyecto | Efecto |
|---|---|---|---|
| **HABITAT TERRESTRE** | | | |
| Se creará una modificación del hábitat por la construcción del proyecto | El proyecto contempla la implementación de un área de conservación igual al 50 % de la superficie total del predio. | PS<br>Se deberá delimitar el área de conservación previo al inicio de los trabajos en el sitio, para evitar su afectación. | La modificación del hábitat se realizará de una manera controlada. |

**Tabla 21. Medidas de mitigación para el indicador "Calidad Sanitaria del Ambiente".**

| Impacto identificado | Medida | Etapa del proyecto | Efecto |
|---|---|---|---|
| **CALIDAD SANITARIA DEL AMBIENTE** | | | |
| Se generarán residuos sólidos y fisiológicos de los trabajadores, así como residuos sólidos no peligrosos (restos de comida, embalajes). | Los residuos no pasarán más de una semana en su sitio de acopio temporal, se debe agilizar su recolección y traslado final, la acumulación temporal de estos residuos debe hacerse en sitios estratégicos donde no intervengan con las demás actividades del proyecto.<br><br>Los desechos generados deberán ser trasladados al sitio de disposición final que sea indicado por las autoridades. | PS - C – O<br>Estas medidas se deberán llevar a cabo durante todas las etapas del proyecto. | Se evitará la contaminación del suelo y manto freático por infiltración de lixiviados de estos residuos.<br>Se evitará la proliferación de insectos u otros organismos que pudieran afectar la salud. Se propone un Programa de Manejo de Residuos Sólidos como medida de mitigación (se anexa documento)<br>Se mantendrá el área del proyecto libre de residuos sólidos urbanos y/o residuos peligrosos en su caso. |

**Tabla 22. Medidas de mitigación para el indicador "Infraestructura y Servicios".**

| Impacto identificado | Medida | Etapa del proyecto | Efecto |
|---|---|---|---|
| **INFRAESTRUCTURA Y SERVICIOS** | | | |

| Impacto identificado | Medida | Etapa del proyecto | Efecto |
|---|---|---|---|
| Durante las dos primeras etapas se requerirán los servicios de empresas especializadas en el manejo y transporte de residuos fisiológicos, ya que se instalarán letrinas móviles para el uso de los empleados. | Al ser una actividad positiva no se requiere de medida de mitigación, sin embargo, se considera procurar que los prestadores de servicios provengan de las comunidades circunvecinas. | PS - C - O:<br><br>Las contrataciones de servicios deberán provenir de las comunidades aledañas. | Las ganancias económicas se generarán en las comunidades aledañas. |

**Tabla 23. Medidas de mitigación para el indicador "Calidad de vida".**

| Impacto identificado | Medida | Etapa del proyecto | Efecto |
|---|---|---|---|
| **CALIDAD DE VIDA** | | | |
| Se generarán ganancias económicas por los empleos temporales. | Al ser una actividad positiva no se requiere de medida de mitigación, sin embargo, se considera procurar que los prestadores de servicios provengan de las comunidades circunvecinas. | PS - C - O:<br><br>Las contrataciones de servicios deberán provenir de las comunidades aledañas. | La entrada económica del proyecto generara empleos temporales que beneficiaran a la gente de la localidad y comunidades circunvecinas. |

### VI.1.4. Impactos residuales

No se espera que se generen impactos residuales considerados como graves en el área del proyecto, ya que en todo momento en las etapas del proyecto se considera salvaguardar la integridad del ambiente. Es importante mencionar que, dado que las actividades de despalme y desmonte se realizaron previamente con una Autorización en Materia de Cambio de Uso de Suelo, los impactos en el sitio son menores.

Los impactos residuales que se identifican corresponden a una carga adicional de los residuos sólidos municipales y a un incremento del tráfico vehicular en la zona. Aunque estos impactos son temporales, periódicos y de corta duración (únicamente en temporada vacacional y ocasionalmente en fines de semana), de igual forma se implementaran las medidas de prevención y mitigación pertinentes al manejo de los residuos.

# CAPITULO VII

# PRONÓSTICOS AMBIENTALES Y, EN SU CASO, EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS

## MANIFESTACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL, MOD. PARTICULAR PARA EL PROYECTO:

## CASA FLORES

SISAL, HUNUCMÁ, YUCATÁN
NOVIEMBRE, 2025

**TABLA DE CONTENIDO**

VII. PRONÓSTICOS AMBIENTALES REGIONALES Y EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS. 3
VII.1. Escenario actual 3
VII.1.1. Sin la ejecución del proyecto 3
VII.1.2. Con la ejecución del proyecto sin aplicar medidas de mitigación propuestas. 3
VII.1.3. Con la ejecución del proyecto aplicando las medidas de mitigación propuestas 5
VII.2. Conclusiones 6

# VII. PRONÓSTICOS AMBIENTALES REGIONALES Y EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS.

## VII.1. Escenario actual

Durante la elaboración del presente documento se realizaron diversas visitas al sitio del proyecto para la verificación de aspectos bióticos como la flora y fauna. En dichas visitas se pudo constatar que, de acuerdo con su disposición geográfica, el predio se encuentra en una zona de costa que presenta la distribución típica de una vegetación de Duna Costera, el sitio se encuentra dentro de la UGA **HUN07-BAR_C3**, esto de acuerdo con el POETCY (Programa de Ordenamiento Ecológico del Territorio Costero del Estado de Yucatán) vigente.

En cuanto a los impactos de carácter antropocéntrico, dada su cercanía con el camino costero que comunica con la zona de las Bocas de Sisal, así como a un acceso a playa aledaño se pudieron observar zonas en donde se vierten residuos sólidos dispersos. De manera general los registros de fauna consistieron de mamíferos medianos y pequeños, aves, anfibios y reptiles. El arreglo de estos registros posiblemente se debe a las condiciones de la vegetación, aparentemente las aves debido a su facilidad de desplazamiento pueden ocupar el sitio como zona de paso. Actualmente en el predio se aprecia una vegetación bien distribuida y a simple vista se observa un sitio donde la calidad ambiental puede valorarse como buena.

El presente proyecto pretende dar un uso compatible al establecido por la regulación ambiental competente. La etapa de Preparación del Sitio y Construcción son las más impactantes dado el tipo de actividades y personal involucrado. A continuación, se plantean 3 escenarios futuros con diferentes condiciones:

### VII.1.1. Sin la ejecución del proyecto

El escenario ambiental sin la ejecución del proyecto nos muestra una zona con una distribución de matorral de duna continua que va empezando a sufrir las presiones de crecimiento urbano. La vegetación se mantiene en su mayoría, y solo se vería afectada en áreas puntuales dado que hay zonas que se utilizan como basureros clandestinos y en el caso de que fenómenos meteorológicos extremos como en el caso de los huracanes cuyo radio de afectación pueden abarcar el predio.

### VII.1.2. Con la ejecución del proyecto sin aplicar medidas de mitigación propuestas.

El escenario hipotético con la ejecución del proyecto sin implementar las medidas de mitigación propuestas en el capítulo 6, es el siguiente: Los impactos que se presentan son mucho más significativos para el sitio; el uso de maquinaria en mal estado incrementaría considerablemente la contaminación en factores como el aire, el suelo y el agua.

Los impactos que se presentan son más significativos para el Sitio y de menor escala a nivel del Sistema, puede llevarse a cabo una remoción de vegetación que no esté proyectada afectando gravemente al sitio, el uso de maquinaria en mal estado causaría un índice de contaminación considerable. Se podría esperar también contaminación directa al suelo al no establecer elementos apropiados para que los trabajadores realicen sus necesidades fisiológicas durante las etapas de construcción.

Los impactos en la Estabilidad del Suelo pueden tornarse significativos al realizar mayores excavaciones que las necesarias (cimentación tradicional). Como conclusión, llevar a cabo la ejecución del proyecto sin las necesarias medidas de mitigación el Sistema Ambiental será seriamente impactado y fragmentado, incrementándose significativamente las posibilidades de contaminación específicamente para el sitio del proyecto y la recuperación de este.

Para tener una mejor perspectiva del incremento en los niveles de los impactos que generaría el proyecto, se realizó una matriz general que incluye dichos impactos contemplando las 3 etapas del proyecto con sus actividades programadas, pero sin llevar a cabo ninguna medida de mitigación y/o prevención. Tomando en cuenta que según la evaluación del Capítulo 5 de este documento, la etapa del proyecto con impactos más severos son las de Preparación del Sitio y realizando una comparación entre esta etapa (tabla 5, capitulo 5) y la siguiente tabla (1) se puede observar que todos los indicadores alcanzan el nivel de moderados, pero con valores más altos.

**Tabla 1. Valoración numérica. Impactos generados por el proyecto sin medidas de Mitigación**

| IMPACTOS | DESCRIPCIÓN | CI | I | EX | SI | PE | EF | MO | AC | MC | RV | PR | RESULTADO | IM |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **1** | **Efectos negativos en la atmósfera por la incorporación de polvos y partículas generados por la entrada y salida de los vehículos y maquinarias.** | -1 | 2 | 2 | 2 | 2 | 1 | 4 | 1 | 4 | 2 | 1 | **-27** | **Moderado** |
| **2** | **Efectos negativos en la atmósfera por la generación de emisiones tales como gases de combustión y vapores.** | -1 | 2 | 2 | 2 | 2 | 1 | 4 | 1 | 4 | 2 | 1 | **-27** | **Moderado** |
| **3** | **Afectaciones a la calidad del suelo por lixiviados, residuos sólidos y fisiológicos que generarán los trabajadores.** | -1 | 2 | 2 | 2 | 2 | 1 | 4 | 1 | 4 | 2 | 1 | **-27** | **Moderado** |
| **4** | **Afectaciones al suelo por la generación de fugas o derrames de combustibles.** | -1 | 2 | 2 | 2 | 2 | 1 | 4 | 1 | 4 | 2 | 1 | **-27** | **Moderado** |
| **5** | **Posibles efectos durante los trabajos de excavación y nivelación.** | -1 | 2 | 2 | 2 | 4 | 1 | 4 | 1 | 4 | 4 | 1 | **-31** | **Moderado** |
| **6** | **Efectos en la calidad del agua subterránea por posibles fugas o derrames.** | -1 | 2 | 2 | 2 | 2 | 1 | 4 | 1 | 4 | 1 | 1 | **-26** | **Moderado** |
| **7** | **Efectos de disminución en los volúmenes de agua, debido a que el proyecto necesitara el abastecimiento para su funcionamiento.** | -1 | 2 | 2 | 2 | 1 | 1 | 4 | 1 | 4 | 1 | 1 | **-25** | **Compatible** |
| **8** | **Impactos por la generación de emisiones sonoras.** | -1 | 2 | 2 | 1 | 1 | 1 | 4 | 1 | 4 | 1 | 1 | **-24** | **Compatible** |
| **9** | **Afectaciones en la vegetación aledaña al sitio de construcción** | -1 | 4 | 2 | 2 | 4 | 1 | 4 | 1 | 4 | 2 | 1 | **-35** | **Moderado** |
| **10** | **Efectos en la fauna del sitio por la realización de los trabajos.** | -1 | 2 | 2 | 2 | 4 | 1 | 4 | 1 | 4 | 2 | 1 | **-29** | **Moderado** |

| IMPACTOS | DESCRIPCIÓN | CI | I | EX | SI | PE | EF | MO | AC | MC | RV | PR | RESULTADO | IM |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **11** | **Modificaciones del hábitat por la construcción del proyecto.** | -1 | 4 | 2 | 2 | 4 | 1 | 4 | 1 | 4 | 2 | 1 | **-35** | **Moderado** |
| **12** | **Modificaciones en la estructura del paisaje que cambiaran la calidad visual de la zona.** | -1 | 2 | 2 | 1 | 4 | 1 | 4 | 1 | 4 | 4 | 4 | **-33** | **Moderado** |
| **13** | **Afectaciones al microclima de la zona ya que se implantará una nueva característica inexistente anteriormente.** | -1 | 2 | 2 | 1 | 4 | 1 | 4 | 4 | 4 | 2 | 1 | **-31** | **Moderado** |
| **14** | **Efectos en la calidad sanitaria por la generación de residuos sólidos y fisiológicos de los trabajadores, así como residuos sólidos no peligrosos (restos de comida, embalajes).** | -1 | 2 | 1 | 2 | 1 | 1 | 4 | 4 | 4 | 1 | 1 | **-26** | **Moderado** |
| **15** | **Efectos en la calidad sanitaria por la generación de residuos en las actividades de la vivienda durante la etapa de operación.** | -1 | 2 | 1 | 2 | 1 | 1 | 4 | 4 | 4 | 1 | 1 | **-26** | **Moderado** |
| **16** | **Efectos positivos en cuanto a la generación de empleos.** | 1 | 2 | 1 | 2 | 1 | 1 | 4 | 1 | 1 | 1 | 1 | **20** | **Compatible** |
| **17** | **Beneficios por la contratación de infraestructura durante las etapas del proyecto.** | 1 | 2 | 1 | 2 | 1 | 1 | 4 | 1 | 1 | 1 | 1 | **20** | **Compatible** |
| **18** | **Beneficios por la contratación de los servicios de recolección de basura.** | 1 | 2 | 1 | 2 | 1 | 1 | 4 | 1 | 1 | 1 | 1 | **20** | **Compatible** |
| **19** | **Efectos en la calidad de vida debido a la derrama económica por los empleos temporales y permanentes de los trabajadores.** | 1 | 2 | 1 | 2 | 1 | 1 | 4 | 1 | 1 | 1 | 1 | **20** | **Compatible** |
| **20** | **Afectaciones mínimas en cambios y efectos benéficos sobre los patrones de vida de los pobladores cercanos al proyecto.** | 1 | 2 | 1 | 2 | 1 | 1 | 4 | 1 | 1 | 1 | 1 | 20 | **Compatible** |

### VII.1.3. Con la ejecución del proyecto aplicando las medidas de mitigación propuestas

La prevención de impactos juega un papel muy importante en la ejecución de un proyecto. Si las medidas de mitigación se aplican correctamente, el panorama cambia satisfactoriamente esperando resultados favorables.

En cuanto la calidad de aire todos los vehículos automotores, así como la maquinaria presentarían una bitácora de mantenimientos actualizada. Llevando a cabo este control, las emisiones a la atmósfera estarían dentro de los rangos aceptables, humedeciendo los focos de trabajo y las vías de acceso, el levantamiento de polvos es reducido considerablemente, verificando que no se utilicen superficies mayores a la establecida se disminuye al máximo las afectaciones por el uso de suelo.

Se reportan resultados favorables en cuanto a las mitigaciones correspondientes para la flora y fauna del sitio. Dado el porcentaje de terreno sin ocupar (se deja a conservación con la vegetación nativa igual al 58% de la superficie total del predio), la fauna silvestre de la zona se ha adaptado y reintegrado al nuevo ambiente. Gracias a las recomendaciones hechas a los trabajadores y a los usuarios de la operación del predio, se ha evitado el maltrato o aprovechamiento no autorizado de todo tipo de flora y fauna del sitio.

Aunado a lo anterior, con la ejecución del proyecto se generan fuentes de empleo temporales en donde la prioridad son los habitantes de las comunidades circunvecinas.

## VII.2. Conclusiones

Una vez realizados los estudios de campos pertinentes y la vinculación del proyecto con las leyes y normas aplicables, se concluye lo siguiente: el predio se localiza dentro de la UGA correspondientes al Sistema Ambiental denominado: **UGA HUN07-BAR_C3** del Programa de Ordenamiento Ecológico Territorial Costero del Estado de Yucatán, en acuerdo con la reglamentación ambiental vigente el proyecto se considera compatible con dicha reglamentación.

Como resultado del análisis del proyecto y su valoración ambiental, se tiene que los impactos negativos más fuertes ocurrirán durante la etapa de preparación del sitio y construcción, debido a las actividades y numero de personal involucrado, siendo estos en su mayoría compatibles y algunos llegando a ser moderados. Sin embargo, al terminar la construcción y continuar con la operación, algunos factores impactados (como la estructura del paisaje y calidad sanitaria del ambiente, por ejemplo) serán beneficiados en parte por las medidas de mitigación que se plantean en el capítulo anterior. Considerando que el proyecto generará impactos positivos sobre la economía e influirán de manera positiva en las condiciones de empleo en la zona del proyecto. El hecho de que los impactos negativos generados son en su mayoría temporales y en gran medida reversibles, la ejecución del proyecto se considera viable si, y solo si, se toman las medidas precautorias y se llevan a cabo eficientemente las medidas de mitigación.

# CAPITULO VIII

## IDENTIFICACIÓN DE LOS INSTRUMENTOS METODOLÓGICOS Y ELEMENTOS TÉCNICOS QUE SUSTENTAN LA INFORMACIÓN SEÑALADA EN LAS FRACCIONES ANTERIORES

---

## MANIFESTACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL, MOD. PARTICULAR PARA EL PROYECTO:

## CASA FLORES

SISAL, HUNUCMÁ, YUCATÁN
NOVIEMBRE, 2025

**TABLA DE CONTENIDO**

VIII. IDENTIFICACIÓN DE LOS ELEMENTOS METODOLÓGICOS Y ELEMENTOS TÉCNICOS QUE SUSTENTAN LA INFORMACIÓN SEÑALADA EN LAS SECCIONES ANTERIORES ..... 3
VIII.1. Capítulo III ..... 3
VIII.2. Capítulo IV ..... 4
VIII.3. Capítulo V ..... 7
VIII.4. Capítulo VI ..... 13
VIII.5. Capítulo VII ..... 14

# VIII. IDENTIFICACIÓN DE LOS ELEMENTOS METODOLÓGICOS Y ELEMENTOS TÉCNICOS QUE SUSTENTAN LA INFORMACIÓN SEÑALADA EN LAS SECCIONES ANTERIORES

## VIII.1. Capítulo III

El presente proyecto se vinculó con los siguientes instrumentos:

1. Programa de Ordenamiento Ecológico Territorial Costero del Estado de Yucatán (POETCY)
2. Programa Estatal de Ordenamiento Territorial y Desarrollo Urbano de Yucatán (PEOTDUY)
3. Ubicación del proyecto en función de las unidades de gestión territorial
4. Análisis vinculante con el nivel normativo del POETDUY
5. PEDUY-001: Vinculación con otros ordenamientos
6. PEDUY-002: Clasificación de usos y actividades
7. PEDUY-003: Determinación de la compatibilidad estratégica
8. PEDUY-004: Compatibilidad con acciones urbanísticas
9. PEDUY-005: Aptitud de usos y actividades por tipología de Unidad de Gestión Territorial
10. PEDUY-006: Densidades e intensidades de utilización del proyecto
11. PEDUY-008: Lineamientos para áreas urbanizadas, urbanizables y no urbanizables
12. PEDUY-009: Lineamientos para el ordenamiento de los asentamientos humanos y la vivienda en el territorio.
13. PEDUY-018: Disposiciones aplicables a zonas de riesgo natural
14. PEDUY-019: disposiciones aplicables a zonas de riesgo antrópico
15. PEDUY-020: disposiciones aplicables a zonas de importancia hidrológica
16. Programa de Ordenamiento Ecológico Territorial del Estado de Yucatán (POETY)
17. Programa De Ordenamiento Ecológico Marino Y Regional Del Golfo De México Y Mar Caribe (POEMyRGMyMC)
18. Sitios RAMSAR
19. Áreas de Importancia para la Conservación de Aves (AICAs)
20. Corredor Biológico Mesoamericano
21. Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA) - Última Reforma DOF 01-04-2024.
22. Reglamento de Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA) en Materia de Prevención y Control de Contaminación a la Atmósfera
23. Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos – Última reforma DOF 08/05/2023
24. Ley General de Vida Silvestre – Última reforma DOF 16/07/2025
25. Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable – Última reforma DOF 01/04/2024 62
26. Ley de Aguas Nacionales – Última reforma DOF 08/05/2023
27. Reglamento de Ley de Desarrollo Inmobiliarios del Estado de Yucatán – Última reforma DOF 26/01/2017
28. Ley General de Asentamiento Humanos, Ordenamiento Territorial y Desarrollo Urbano (LGAHOTDU). Última reforma DOF 01/04/2024
29. Ley de Asentamiento Humanos, Ordenamiento Territorial y Desarrollo Urbano del Estado de Yucatán (LGAHOTDU). Última reforma DOF 17/04/2025
30. NOM-001-SEMARNAT-2021

31. NOM-022-SEMARNAT-2003
32. NOM-041-SEMARNAT-2015
33. NOM-045-SEMARNAT-2017
34. NOM-052-SEMARNAT-2005
35. NOM-059-SEMARNAT-2010
36. NOM-162-SEMARNAT-2012
37. NOM-011-ENER-2006
38. NOM-021-ENER/SCFI-2017
39. NOM-023-ENER-2010
40. NOM-008-ENER-2001

## VIII.2. Capítulo IV

Para el presente proyecto se consultaron las siguientes fuentes:

**Clima:**

Comisión Nacional del Agua (CONAGUA). (2023). *Estadísticas del agua en México 2023*. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. https://www.gob.mx/conagua

García, E. (2004). *Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen*. Instituto de Geografía, UNAM.

Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). (2020). *Censo de Población y Vivienda 2020*. INEGI. https://www.inegi.org.mx

Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). (2022). *Conjunto de datos climatológicos 2022*. INEGI. https://www.inegi.org.mx

Servicio Meteorológico Nacional (SMN). (2023). *Normales climatológicas por estación*. CONAGUA. https://smn.conagua.gob.mx

**Huracanes:**

Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED). (2003). *Impacto socioeconómico del huracán Isidore en la Península de Yucatán*. Secretaría de Gobernación.

Comisión Nacional del Agua (CONAGUA). (2023). *Temporada de ciclones tropicales 2023 en México*. https://www.gob.mx/conagua

National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA). (2003). *Tropical Cyclone Report: Tropical Depression Larry*. National Hurricane Center. https://www.nhc.noaa.gov

Servicio Meteorológico Nacional (SMN). (1998). *Resumen de la temporada de ciclones tropicales 1998*. CONAGUA. https://smn.conagua.gob.mx

**Vientos, incendios forestales y canícula:**

Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED). (2003). Impacto socioeconómico del huracán Isidore en la Península de Yucatán. Secretaría de Gobernación.

Comisión Nacional del Agua (CONAGUA). (2023). Temporada de ciclones tropicales 2023 en México. https://www.gob.mx/conagua

Comisión Nacional Forestal (CONAFOR). (2022). Informe nacional de incendios forestales 2022. CONAFOR. https://www.gob.mx/conafor

Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). (2022). Conjunto de datos climatológicos 2022. INEGI. https://www.inegi.org.mx

Servicio Meteorológico Nacional (SMN). (2023). Normales climatológicas y reportes de canícula en México. CONAGUA. https://smn.conagua.gob.mx

**Geología:**

Escolero, O. A. (2018). *El agua subterránea en la Península de Yucatán: estado del conocimiento y problemas asociados*. Instituto de Geología, UNAM.

Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). (2022). *Carta geológica de México. Escala 1:250,000*. INEGI. https://www.inegi.org.mx

Lugo-Hubp, J. (1984). *Geomorfología de la Península de Yucatán*. Universidad Nacional Autónoma de México.

Perry, E., Velázquez-Olimán, G., & Socki, R. (2009). *Hydrogeology of the Yucatán Peninsula*. In B. Goldscheider & M. Neukum (Eds.), *Karst Aquifers of the World* (pp. 115–126). Springer.

**Litología:**

Bautista, F., Palacio-Aponte, G., Quintana, P., & Zinck, J. A. (2015). *El sistema suelo en la Península de Yucatán*. Ecosur-Universidad Autónoma de Yucatán.

Boggs, S. (2014). *Principles of Sedimentology and Stratigraphy* (5th ed.). Pearson.

Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). (2022). *Carta geológica y litológica de México. Escala 1:250,000*. INEGI. https://www.inegi.org.mx

**Geomorfología:**

Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). (2022). *Carta de relieve y geomorfología de México. Escala 1:250,000*. INEGI. https://www.inegi.org.mx

Lugo-Hubp, J. (1984). *Geomorfología de la Península de Yucatán*. Universidad Nacional Autónoma de México.

Perry, E., Velázquez-Olimán, G., & Socki, R. (2009). Hydrogeology of the Yucatán Peninsula. In B. Goldscheider & M. Neukum (Eds.), *Karst Aquifers of the World* (pp. 115–126). Springer.

**Edafología y topografía:**

Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). (2022). *Carta edafológica, Serie II. Escala 1:250,000*. INEGI.

IUSS Working Group WRB. (2022). *World Reference Base for Soil Resources. International soil classification system for naming soils and creating legends for soil maps*. 4th edition. FAO.

Duch, J. (1991). *Los suelos de la Península de Yucatán*. Universidad Autónoma de Chapingo.

**Geohidrología:**

Lugo-Hubp, J. (1984). *Geomorfología de la Península de Yucatán*. Universidad Nacional Autónoma de México.

Perry, E., Velázquez-Olimán, G., & Socki, R. (2009). *Hydrogeology of the Yucatán Peninsula*. In B. Goldscheider & M. Neukum (Eds.), *Karst Aquifers of the World* (pp. 115–126). Springer.

Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). (2022). *Carta geológica y geohidrológica de México. Escala 1:250,000*. INEGI. https://www.inegi.org.mx

**Cuerpos de agua circundantes:**

Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). (2019). *SHAPE de cenotes de Yucatán*. INEGI. https://www.inegi.org.mx

POETCY. (2014). *Plan de Ordenamiento Ecológico Territorial del Municipio de Tixpéhual, Yucatán*. Gobierno del Estado de Yucatán.

Lugo-Hubp, J. (1984). *Geomorfología de la Península de Yucatán*. Universidad Nacional Autónoma de México.

Perry, E., Velázquez-Olimán, G., & Socki, R. (2009). *Hydrogeology of the Yucatán Peninsula*. In B. Goldscheider & M. Neukum (Eds.), *Karst Aquifers of the World* (pp. 115–126). Springer.

**Caracterización documental del Sistema Ambiental**

CONABIO. (2022). *Biodiversidad de la Península de Yucatán: estado de conservación y recomendaciones*. Ciudad de México: Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad.

González-Abraham, C., Arroyo-Rodríguez, V., & Mandujano, S. (2015). Regeneración natural de la selva baja caducifolia en México: patrones y procesos. *Revista Mexicana de Biodiversidad, 86*(3), 870–881.

INEGI. (2023). *Clasificación de usos de suelo y vegetación, versión 2023*. Instituto Nacional de Estadística y Geografía.

POETY. (2023). *Programa de Ordenamiento Ecológico Territorial de Yucatán 2023: UGA038-APROV-ACA*. Gobierno del Estado de Yucatán.

Rzedowski, J. (2006). *Vegetación de México*. Ciudad de México: Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad.

Sánchez-Rojas, G., Pérez, A., & López, M. (2019). Impacto de la fragmentación de hábitat en mamíferos y aves de selvas secundarias en Yucatán. *Ciencia y Tecnología Ambiental, 21*(2), 45–61.

**Caracterización de la vegetación**

Jensen, J. R. (2007). *Remote Sensing of the Environment: An Earth Resource Perspective*. 2nd edition. Pearson Prentice Hall.

Lillesand, T. M., Kiefer, R. W., & Chipman, J. W. (2015). *Remote Sensing and Image Interpretation*. 7th edition. Wiley

Chuvieco, E. (2016). *Fundamentos de Teledetección Espacial*. 6ª edición. Editorial Rialp.

**Fauna:**

Barrera-Torres, F., Ramírez-Bautista, A., & Hernández-Salinas, U. (2017). Patrones de diversidad y distribución de los vertebrados en Yucatán: Implicaciones para su conservación. Revista Mexicana de Biodiversidad, 88(4), 1012-1025.

Diario Oficial de la Federación (DOF). (2010). 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. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales.

Flores, J. S., & Espejel, I. (1994). Etnoflora yucatanense: Vegetación y flora de la Península de Yucatán. Universidad Autónoma de Yucatán.

González-Sánchez, V., Durán, R., & Vargas, J. (2017). Diversidad biológica y conservación en la costa de Yucatán. Universidad Autónoma de Yucatán.

Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT). (2020). Guía para la elaboración de Estudios Técnicos Justificativos para el cambio de uso de suelo en terrenos forestales. SEMARNAT.

Urbina-Torres, F., Chávez, C., & Pineda, E. (2019). El papel de los vertebrados como indicadores ecológicos en ecosistemas tropicales. Biotropica, 51(2), 225-234.

Sutherland, W. J. (2006). Ecological Census Techniques: A Handbook. Cambridge University Press.

Magurran, A. E. (2004). Measuring biological diversity. Blackwell Science.

Peet, R. K. (1974). The measurement of species diversity. Annual Review of Ecology and Systematics, 5, 285-307.

Pianka, E. R. (2011). Evolutionary ecology. Addison-Wesley.

Vitt, L. J., & Caldwell, J. P. (2013). Herpetology: An introductory biology of amphibians and reptiles. Academic Press.

Whitfield, S. M., & Pierce, M. S. (2005). Tree buttresses as facilitators of diversity in a Neotropical herpetofauna. Biotropica, 37(2), 256-258.

## VIII.3. Capítulo V

### EVALUACIÓN DE IMPACTOS

Para identificar y evaluar los impactos ambientales y sociales que se presentarán durante las diferentes etapas del presente proyecto, se interrelacionan las acciones y/o actividades del proyecto con los componentes del ambiente, con un criterio de causa-efecto, evaluando el carácter adverso o favorable del impacto.

La aplicación metodológica sugiere, por una parte, los sistemas ecológicos naturales y por otra parte, las acciones del proyecto en sí, de tal manera que se puedan evaluar las interacciones que se producen entre ambos en las diferentes etapas del proyecto, a fin de tener una idea real del comportamiento de todo el sistema. Las acciones derivadas del proyecto para la aplicación de la siguiente metodología responden a los criterios siguientes: son significativos, son independientes y son medibles.

La importancia de la correcta evaluación y mesura de los impactos radica en que, a base a los resultados obtenidos se determina si un proyecto cumple o no con la legislación y normas ambientales vigentes. En este proyecto se emplea una metodología sencilla pero que abarca los principales aspectos ambientales de evaluación.

### INDICADORES DE IMPACTO

**L**os elementos que constituyen un ecosistema se denominan componentes ambientales; a su vez, los elementos de una actividad que interactúan con el ambiente se señalan como aspectos ambientales. Cuando los efectos de estos aspectos se tornan significativos para el hombre y su ambiente, adquieren la connotación de impactos ambientales.

Un efecto ambiental es cualquier alteración al ambiente resultante de la acción del hombre, mientras que un impacto es la alteración significativa del ambiente. El primero se puede definir convencionalmente como el cambio parcial en la salud del hombre, en su bienestar o en su entorno, debido a la interacción de las actividades humanas con los sistemas naturales. Según esta definición, un impacto puede ser positivo o negativo.

Los impactos se consideran significativos cuando superan los estándares de calidad ambiental, criterios técnicos, hipótesis científicas, comprobaciones empíricas, juicio profesional, valoración económica, ecológica o social, entre otros criterios.

Se realizó un listado de las actividades que se realizaran durante el desarrollo del proyecto "CASA FLORES" para una mejor evaluación, se optó por dividir las actividades de todo el proyecto en 3 etapas.

En base al listado de actividades se realizó un análisis de los componentes ya sean físicos, químicos, bióticos, ambientales o socioeconómicos que pueden ser afectados en menor o mayor grado durante la realización de dichas actividades.

Es importante mencionar que los efectos sobre dichos Indicadores pueden ser positivos o negativos y variar según las diferentes etapas del proyecto, por lo que al momento de realizar una evaluación de impacto ambiental se dividirá el proyecto en varias etapas o fases para poder realizar un análisis más preciso.

En base a lo antes mencionado se extrajo un listado de Indicadores Ambientales.

## CRITERIOS Y METODOLOGÍAS DE EVALUACIÓN

**Para la Evaluación de Impacto Ambiental (EIA) se propone un modelo de evaluación basado en el método** de matrices causa y efecto, derivadas de la matriz de Leopold con resultados cualitativos y del método del Instituto Batalle - Columbus, con resultados cuantitativos, que consiste en un cuadro de doble entrada en cuyas columnas figuran las acciones impactantes y en las filas, los factores ambientales susceptibles a recibir impactos (*Conesa Fdez.- Vitora Vicente, 2000*).

La metodología de valoración de impactos adoptada, es del tipo numérico, cumpliendo con los tres requisitos del modelo ideal de valoración (Adecuación, Conceptual y adecuación de la información de manera total y Adecuación matemática de manera parcial), sacrificando, no obstante parte del rigor matemático en favor de la posibilidad de considerar una mayor cantidad de información *(Conesa Fdez.- Vitora Vicente, Madrid 1997)*.

Una vez identificadas las acciones y los factores ambientales que, presumiblemente, serán impactados por aquellas, las matrices creadas en el presente trabajo en donde se relacionen dichos aspectos, nos permitirán obtener una valoración cualitativa de los impactos ambientales.

Se procede a evaluar los impactos identificados, por medio de matrices, de acuerdo con los criterios de evaluación carácter, magnitud, significado, grado de certidumbre, plazo en que aparece, duración, extensión, reversibilidad, tipo, etc. Se emplean los siguientes criterios para la evaluación de los impactos:

**Carácter del impacto (CI):** se refiere al efecto beneficioso (+) o perjudicial (-) de las diferentes acciones que van a incidir sobre los factores considerados.

**Intensidad del impacto (I):** representa la cuantía o el grado de incidencia de la acción sobre el factor en el ámbito específico en que actúa.

**Extensión del impacto (EX):** se refiere al área de influencia teórica del impacto en relación con el entorno del proyecto.

**Sinergia (SI):** este criterio contempla el reforzamiento de dos o más efectos simples, pudiéndose generar efectos sucesivos y relacionados que acentúan las consecuencias del impacto analizado.

**Persistencia (PE):** refleja el tiempo en supuestamente permanecería el efecto desde su aparición.

**Efecto (EF):** se interpreta como la forma de manifestación del efecto sobre un factor como consecuencia de una acción, o lo que es lo mismo, expresa la relación causa – efecto.

**Momento del impacto (MO):** alude al tiempo que transcurre entre la acción y el comienzo del efecto sobre el factor ambiental.

**Acumulación (AC):** este criterio o atributo da idea del incremento progresivo de la manifestación del efecto cuando persiste de forma continuada o reiterada la acción que lo genera**.**

**Recuperabilidad (MC):** se refiere a la posibilidad de reconstrucción total o parcial del factor afectado como consecuencia del proyecto**.**

**Reversibilidad (RV**): hace referencia al efecto en el que la alteración puede ser asimilada por entorno (de forma medible a corto, mediano o largo plazo) debido al funcionamiento de los procesos naturales; es decir la posibilidad de retornar a las condiciones iníciales previas a la acción por medios naturales**.**

**Periodicidad (PR):** se refiere a la regularidad de manifestación del efecto.

Con el establecimiento de los criterios con los que se evaluaran los impactos, se procede con los valores que podría adquirir cada criterio con respecto al impacto evaluado, esto con el fin de que el impacto adquiera un valor del impacto en unidades cuantitativas y mesurables que nos permitan hacer la correcta evaluación y análisis de los alcances de cada impacto.

**Tabla 1. Valor de los criterios para la evaluación de los impactos.**

| | Denominación o significado del criterio | **Valor** | Clasificación | Impacto |
|---|---|---|---|---|
| **(CI)** | Carácter del impacto. | | | |

| | Denominación o significado del criterio | **Valor** | Clasificación | Impacto |
|---|---|---|---|---|
| | Se refiere al efecto benéfico o perjudicial de las diferentes acciones que van a incidir sobre los factores ambientales considerados. | **(+)**<br>**(–)**<br><br><br><br>**(X)** | Positivo.<br>Negativo.<br><br><br><br>Previsto. | Difícil de calificar sin estudios detallados, que reflejarán efectos cambiantes difíciles de predecir o efectos asociados a circunstancias externas al proyecto, cuya naturaleza (beneficiosa o perjudicial) no puede precisarse sin un estudio global de las mismas. |
| **(I)** | Intensidad del impacto.<br>(Grado de afectación)<br>Representa la cuantía o el grado de incidencia de la acción sobre el factor en el ámbito específico en que actúa. | **(1)**<br>**(2)**<br>**(4)**<br>**(8)**<br>**(12)** | Baja.<br>Media.<br>Alta.<br>Muy alta.<br>Total | Afectación mínima.<br><br><br><br>Destrucción casi total del factor. |
| **(EX)** | Extensión del impacto.<br>Se refiere al área de influencia teórica del impacto en relación con el entorno del proyecto (% del área respecto al entorno en que se manifiesta el efecto). | **(1)**<br>**(2)**<br>**(4)**<br>**(8)**<br>**(+4)** | Puntual.<br>Parcial.<br>Extenso.<br>Total.<br>Crítico. | Efecto muy localizado.<br>Incidencia apreciable en el medio.<br>Afecta una gran parte del medio.<br>Generalizado en todo el entorno<br>El impacto se produce en una situación crítica; se atribuye un valor de +4 por encima del valor que le correspondía. |
| **(SI)** | Sinergia.<br>Este criterio contempla el reforzamiento de dos o más efectos simples, pudiéndose generar efectos sucesivos y relacionados que acentúan las consecuencias del impacto analizado. | **(1)**<br>**(2)**<br>**(4)** | No sinérgico<br>Sinérgico<br>Muy sinérgico | Cuando una acción actuando sobre un factor no incide en otras acciones que actúan sobre un mismo factor.<br>Presenta sinergismo moderado.<br>Altamente sinérgico |
| **(PE)** | Persistencia.<br>Refleja el tiempo que supuestamente permanecería el efecto desde su aparición. | **(1)**<br>**(2)**<br>**(4)** | Fugaz.<br>Temporal.<br>Permanente. | ( < 1 año).<br>(De 1 a 10 años).<br>( > 10 años). |
| **(EF)** | Efecto. | | | |

| | Denominación o significado del criterio | **Valor** | Clasificación | Impacto |
|---|---|---|---|---|
| | Se interpreta como la forma de manifestación del efecto sobre un factor como consecuencia de una acción, o lo que es lo mismo, expresa la relación causa – efecto. | **(1)** | Directo o primario. | Su efecto tiene una incidencia inmediata en algún factor ambiental, siendo la representación de la acción consecuencia directa de esta. |
| | | **(0)** | Indirecto o secundario. | Su manifestación no es directa de la acción, sino que tiene lugar a partir de un efecto primario, actuando éste como una acción de segundo orden. |
| **(MO)** | Momento del impacto. | | | |
| | Alude al tiempo que transcurre entre la acción y el comienzo del efecto sobre el factor ambiental. | **(1)**<br>**(2)**<br>**(4)**<br>**(+4)** | Largo plazo.<br>Mediano Plazo.<br>Corto Plazo.<br>Crítico, | El efecto demora más de 5 años en manifestarse.<br>Se manifiesta en términos de 1 a 5 años.<br>Se manifiesta en términos de 1año.<br>Si ocurriera alguna circunstancia crítica en el momento del impacto se adicionan 4 unidades. |
| **(AC)** | Acumulación. | | | |
| | Este criterio o atributo da idea del incremento progresivo de la manifestación del efecto cuando persiste de forma continuada o reiterada la acción que lo genera. | **(1)** | Simple. | Es el impacto que se manifiesta sobre un solo componente ambiental, o cuyo modo de acción es individualizado, sin consecuencia en la inducción de nuevos efectos, ni en la de su acumulación, ni en la de sinergia. |
| | | **(4)** | Acumulativo. | Es el efecto que al prolongarse en el tiempo la acción del agente inductor, incrementa progresivamente su gravedad, al carecer el medio de mecanismos de eliminación con efectividad temporal similar a la del incremento de la acción causante del impacto. |
| **(MC)** | Recuperabilidad. | | | |
| | Posibilidad de introducir medidas correctoras, protectoras y de recuperación. Se refiere a la posibilidad de reconstrucción total o parcial del factor afectado como | **(1)**<br>**(2)**<br>**(4)** | Recuperable de inmediato.<br>Recuperable a mediano plazo.<br>Mitigable. | El efecto puede recuperarse parcialmente. |

| | Denominación o significado del criterio | **Valor** | Clasificación | Impacto |
|---|---|---|---|---|
| | consecuencia del proyecto, es decir, la posibilidad de retomar a las condiciones iníciales (previas a la acción) por medio de la intervención humana. | **(8)** | Irrecuperable. | Alteración imposible de recuperar, tanto por la acción natural como por la humana. |
| **(RV)** | Reversibilidad. | | | |
| | Posibilidad de regresar a las condiciones iníciales por medios naturales. Hace referencia al efecto en el que la alteración puede ser asimilada por entorno (de forma medible a corto, mediano o largo plazo) debido al funcionamiento de los procesos naturales. | **(1)** | Corto plazo. | Retorno a las condiciones iníciales en menos de 1 año. |
| | | **(2)** | Mediano plazo. | Retorno a las condiciones iníciales en entre 1 y 10 años. |
| | | **(4)** | Irreversible. | Imposibilidad o dificulta extrema de retornar por medios naturales a las condiciones naturales, o hacerlo en un periodo mayor de 10 años. |
| **(PR)** | Periodicidad. Regularidad de manifestación del efecto. Se refiere a la regularidad de manifestación del efecto. | **(1)** | Irregular. | El efecto se manifiesta de forma impredecible. |
| | | **(2)** | Periódica. | El efecto se manifiesta de manera cíclica o recurrente. |
| | | **(4)** | Continua. | El efecto se manifiesta constante en el tiempo. |
| **Valoración cuantitativa del impacto** | | | | |
| **(IM)** | Importancia del efecto. Se obtiene a partir de la valoración cuantitativa de los criterios explicados anteriormente | **IM = ±[3(I) + 2(EX) + SI + PE + EF + MO + AC + MC + RV + PR]** | | |
| **(CLI)** | Clasificación del impacto. | | | |
| | Partiendo del análisis del rango de la variación de la mencionada importancia del efecto (IM). | **(CO)** | COMPATIBLE | Si el valor es menor o igual que 25 |
| | | **(M)** | MODERADO | si su valor es mayor que 25 y menor o igual que 50 |
| | | **(S)** | SEVERO | si el valor es mayor que 50 y menor o igual que 75 |
| | | **(C)** | CRITICO | Si el valor es mayor que 75 |

## DESCRIPCIÓN DE LOS IMPACTOS IDENTIFICADOS

Los impactos ambientales sobre los componentes del medio ambiente son el resultado de las acumulaciones de impactos de diversa magnitud y alcance. Además, el medio donde se llevarán a cabo dichas actividades podría variar de un proyecto a otro.

Entonces cada medio receptor tendrá una mayor o menor capacidad para responder ante los efectos producidos por las actividades derivadas de un proyecto. Entonces podríamos decir que los impactos varían en cuanto a intensidad e importancia debido a los siguientes factores:

- Las características propias del proyecto tales como magnitud, duración de las actividades, métodos empleados, entre otras.
- Las características propias del medio donde se llevará a cabo el proyecto tales como áreas protegidas o de importancia, zonas urbanas, tipo de vegetación presente, estructura del paisaje, hábitat, etc.

Partiendo de lo anterior es importante identificar los impactos mientras se examina detalladamente la compleja interacción entre las acciones del proyecto y los componentes del medio.

Analizando cada factor ambiental se enumeran los impactos que pudieran incidir en dichos factores. Cada factor tiene relacionado una o varias actividades de obra que causan algún efecto sobre él, estos efectos son enumerados, y posteriormente son analizados en una matriz donde se le asigna un valor dependiendo del criterio sobre el cual es calificado.

## EVALUACIÓN DE LOS IMPACTOS

Habiéndose identificado los principales impactos socio ambiental que se pueden generar durante las etapas de preparación del sitio, construcción y operación de la obra en cuestión, se procede a la correspondiente evaluación ambiental.

De acuerdo a los valores proporcionados en la tabla 5-3 para la calificación de los impactos, se les proporcionara un valor a los impactos identificados en el proyecto representando al impacto mediante un numero mencionado en la tabla de identificación de impactos, posteriormente se adicionan los valores para cada impacto siguiendo los criterios aquí mencionados: si el valor es menor o igual que 25 se clasifica como COMPATIBLE (CO), si su valor es mayor que 25 y menor o igual que 50 se clasifica como MODERADO (M), cuando el valor obtenido sea mayor que 50 pero menor o igual que 75 entonces la clasificación del impacto es SEVERO (S), y por último cuando se obtenga un valor mayor que 75 la clasificación que se asigna es de CRITICO (C).

Se elaboraron tres matrices, una para cada etapa del proyecto, debido a que las valoraciones numéricas de los impactos son variables de acuerdo con las diferentes etapas del Proyecto.

### VIII.4. Capítulo VI

Una vez identificados y evaluados los impactos del proyecto dentro del Capítulo V, se procedió a diseñar y proponer las medidas preventivas y de mitigación a realizar, las cuales se plasman en el Capítulo VI, todo esto enfocándose en cada uno de los indicadores de impacto previamente identificados y haciendo especial énfasis en los puntos vulnerables que se pudieran presentar en relación con dichos impactos.

## VIII.5. Capítulo VII

Para la obtención de los pronósticos ambientales y/o escenarios, se inicia realizando una breve descripción del escenario actual tal como se encontró al inicio del presente estudio, tanto en el aspecto medioambiental como en el socioeconómico, esto se logra recopilando aspectos básicos de vegetación y fauna, los que se han descrito de manera amplia en los capítulos anteriores, así como estadísticos de las condiciones sociales y económicas de la zona.

Una vez establecido el escenario actual y tomando en cuenta la identificación y análisis de los impactos que provocara el proyecto, así como la inclusión y la correcta aplicación de las correspondientes medidas de prevención y mitigación para minimizarlos, realizando una proyección, se obtiene el escenario futuro del sitio, describiendo el resultado y condiciones que se esperan obtener una vez realizado el proyecto, básicamente encontrándose en su etapa de operación. Ya descritos ambos escenarios (actual y futuro) se procede a plantear las conclusiones generales del proyecto en cuanto a su viabilidad y compatibilidad con el medio.

Es importante hacer mención que todo esto se logra con bases sustentables de toda la investigación y procedimientos realizados anteriormente en los capítulos V, VI y VII del presente documento, y que se consideran por igual los aspectos positivos y los negativos si los hubiera con la finalidad de que lo expuesto en este documento representé la realidad de la zona del proyecto y puedan ser acatadas en su totalidad las observaciones emitidas por la autoridad competente si así ocurriese.

El acondicionamiento del terreno consistirá en la limpieza mínima de vegetación únicamente en los sitios destinados a construcción. Las áreas libres, jardines y la zona de conservación no serán intervenidas. Se realizarán excavaciones localizadas para la cimentación de la vivienda Y la cisterna subterránea utilizando técnicas manuales o con maquinaria ligera que reduzca la compactación del suelo y la perturbación ambiental. La nivelación de la plataforma se llevará a cabo de forma gradual, respetando la topografía original en la mayor medida posible.

# CAPITULO IX

# BIBLIOGRAFÍA

## MANIFESTACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL, MOD. PARTICULAR PARA EL PROYECTO:

## CASA FLORES

SISAL, HUNUCMÁ, YUCATÁN
NOVIEMBRE, 2025

## IX. BIBLIOGRAFÍA


Aguilar Barojas, S. (2005). Fórmulas para el cálculo de la muestra en investigaciones de salud. *Salud en Tabasco*, 11(1–2), 333–338.

Alongi, D. M. (2012). Carbon sequestration in mangrove forests. *Carbon Management*, 3(3), 313–322.

Baker, R. M., et al. (2020). Global invasion patterns of *Hemidactylus frenatus*. *Biological Invasions*.

Bauer-Gottwein, P., Gondwe, B. R. N., Charvet, G., Marín, L. E., Rebolledo-Vieyra, M., & Merediz-Alonso, G. (2011). Review: The Yucatán Peninsula karst aquifer, Mexico. *Hydrogeology Journal*, 19, 507–524.

Bautista, F., Batllori, E., Palacio-Aponte, G., Ortiz-Pérez, M. A., & Zinck, J. A. (2015). *Geoformas, suelos y paisaje en la Península de Yucatán*. Universidad Autónoma de Campeche.

Berlanga, H., Oliveras de Ita, A., & Arizmendi, M. (2007). *Patrones de riqueza y endemismo de las aves de México*. CONABIO.

Brower, J. E., Zar, J. H., & von Ende, C. N. (1998). *Field and Laboratory Methods for General Ecology*. WCB/McGraw-Hill.

Brush, T. (2004). *A Guide to the Birds of the Gulf of Mexico*. Texas A&M University Press.

Buckland, S. T., Anderson, D. R., Burnham, K. P., & Laake, J. L. (2001). *Introduction to Distance Sampling*. Oxford University Press.

Campbell, J. A. (1998). *Amphibians and Reptiles of Northern Guatemala, the Yucatán, and Belize*. University of Oklahoma Press.

Ceballos, G., & Oliva, G. (2005). *Los mamíferos silvestres de México*. CONABIO–Fondo de Cultura Económica.

Cochran, W. G. (1977). *Sampling Techniques* (3rd ed.). Wiley.

Comisión Nacional del Agua (CONAGUA). (2020). *Diagnóstico del agua en el sector doméstico urbano en México.* Subdirección General Técnica, México.

Comisión Nacional del Agua (CONAGUA). (2020). *Normas técnicas complementarias para el diseño y construcción de sistemas de agua potable, alcantarillado y saneamiento*. México.

Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía (CONUEE). (2018). *Guía de eficiencia energética en edificaciones: vivienda unifamiliar*. Secretaría de Energía, México.

CONABIO (2008). *Manglares de México: Extensión, distribución y monitoreo*. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad.

CONAGUA (2020). *Atlas del Agua en México 2020*. Comisión Nacional del Agua.

Crump, M. L., & Scott, N. J. (1994). Visual encounter surveys. In Heyer et al. (Eds.), *Measuring and Monitoring Biological Diversity: Standard Methods for Amphibians* (pp. 84–91). Smithsonian Institution Press.

Diario Oficial de la Federación (DOF). (1996). *Norma Oficial Mexicana NOM-002-SEMARNAT-1996, que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales a los sistemas de alcantarillado urbano o municipal.* México.

Diario Oficial de la Federación (DOF). (1997). *Norma Oficial Mexicana NOM-003-SEMARNAT-1997, que establece los límites máximos permisibles de contaminantes para las aguas residuales tratadas que se reusen en servicios al público.* México.

Diario Oficial de la Federación (DOF). (2021). *Norma Oficial Mexicana NOM-001-SEMARNAT-2021, que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en cuerpos receptores nacionales.* México

Duellman, W. E., & Trueb, L. (1994). *Biology of Amphibians*. Johns Hopkins University Press.

Espejel, I. (1984). Vegetación de dunas costeras de México. *Biotica*, 9(1), 47–66.

FAO (2015). *World Reference Base for Soil Resources 2014, update 2015*. Food and Agriculture Organization of the United Nations.

Fritzell, E. K., & Haroldson, K. J. (1982). *Urocyon cinereoargenteus*. *Mammalian Species*, (189), 1–8.

García, E. (2004). *Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen*. UNAM.

Gardner, A. L. (Ed.). (2005). *Mammals of South America*. University of Chicago Press.

Herrera-Silveira, J. A., Comín, F. A., & Troccoli-Ghinaglia, L. (2020). Ecosistemas costeros del Golfo de México: estructura y funcionamiento. *Revista de Biología Tropical*, 68(S1), S45–S62.

Herrera-Silveira, J., et al. (2004). *Los ecosistemas de la Península de Yucatán: Diagnóstico y tendencias*. Universidad Autónoma de Yucatán.

Herrera-Silveira, J., et al. (2010). Coastal dune vegetation and environmental gradients in Yucatán. *Journal of Coastal Research*, 26(2), 263–273.

Herrera-Silveira, J., et al. (2020). Coastal ecosystems of the Yucatán Peninsula: ecology, biodiversity, and conservation.

Herrera-Silveira, J., et al. (2020). Coastal ecosystems of the Yucatán Peninsula: structure and functioning.

Howell, S. N. G., & Webb, S. (1995). *A Guide to the Birds of Mexico and Northern Central America*. Oxford University Press.

INEGI (2014). *Continuo Nacional Edafológico*. Instituto Nacional de Estadística y Geografía.

INEGI (2016). *Unidades geomorfológicas de México*. Instituto Nacional de Estadística y Geografía.

INEGI (2017). *Conjunto de Datos Vectoriales de Uso del Suelo y Vegetación, Serie VII*. Instituto Nacional de Estadística y Geografía.

INEGI (2020). *Conjunto de Datos Vectoriales de Hidrología Superficial*. Instituto Nacional de Estadística y Geografía.

INEGI (2020). *Conjunto de Datos Vectoriales de Uso del Suelo y Vegetación, Serie VII*. Instituto Nacional de Estadística y Geografía.

INEGI (2022). *Conjunto de Datos Vectoriales de Uso del Suelo y Vegetación Serie VII*. Instituto Nacional de Estadística y Geografía.

INEGI. (2020). *Encuesta Nacional sobre Consumo Energético en Viviendas Particulares (ENCEVI)*. Instituto Nacional de Estadística y Geografía, México.

Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC). (2018). *Factores de emisión y guías para la estimación de emisiones de gases y compuestos de efecto invernadero (GyCEI) en México*. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT).

Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). (2020). *Encuesta Nacional sobre Consumo Energético en Viviendas Particulares (ENCEVI)*. México.

Jiménez, J. A., & Sauter, K. (1991). Structure and dynamics of mangrove forests along a flooding gradient. *Estuaries*, 14(2), 143–148.

Kent, M. (2012). *Vegetation Description and Data Analysis: A Practical Approach*. Wiley-Blackwell.

Köhler, G. (2011). *Amphibians of Central America*. Herpeton.

Krebs, C. J. (1999). *Ecological Methodology* (2nd ed.). Benjamin Cummings.

Lamprecht, H. (1989). *Silvicultura en los trópicos*. GTZ.

Lara-Domínguez, A. L., & Yáñez-Arancibia, A. (1999). Función ecológica de los manglares en México. En *Diversidad, amenazas y áreas prioritarias*. CONABIO.

Lee, J. (1996). *The Amphibians and Reptiles of the Yucatán Peninsula*. Cornell University Press.

Lee, J. C. (2000). *A Field Guide to the Amphibians and Reptiles of the Maya World*. Cornell University Press.

Lorenzo, C., Naranjo, E., & Bolaños, J. (2011). *Mamíferos de la Península de Yucatán*. ECOSUR–Conabio.

Loss, S. R., Will, T., & Marra, P. P. (2013). The impact of free-ranging domestic cats on wildlife of the United States. *Nature Communications*, 4:1396.

Lugo, A. E., & Snedaker, S. C. (1974). The ecology of mangroves. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 5, 39–64.

Magurran, A. E. (2004). *Measuring Biological Diversity*. Blackwell Publishing.

Manual del fabricante Rotoplas. (2023). *Ficha técnica del biodigestor autolimpiable Septi-K RP de 1300 L*. Recuperado de https://rotoplas.com.mx

Martínez, M. L., & Moreno-Casasola, P. (1996). Effects of disturbance by sand movement and inundation on coastal dune vegetation. *Canadian Journal of Botany*, 74, 1502–1512.

Martínez, M. L., Psuty, N. P., & Lubke, R. (2014). *Coastal Dunes: Ecology and Conservation*. Springer.

Martínez-Sánchez, F., et al. (2018). Diversidad de reptiles en dunas costeras del sureste de México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*.

Mayorga-Muñoz, M., & Domínguez-Mora, R. (2011). Variabilidad de la canícula en México y su relación con la precipitación. *Atmósfera*, 24(1), 1–14.

Monterrubio-Rico, T. C., & Escalante, P. (2006). Aves de la península de Yucatán. En *Biodiversidad de la Península de Yucatán*. ECOSUR.

Mostacedo, B., & Fredericksen, T. (2000). *Manual de Métodos Básicos de Muestreo y Análisis en Ecología Vegetal*. BOLFOR.

Mueller-Dombois, D., & Ellenberg, H. (1974). *Aims and Methods of Vegetation Ecology*. Wiley.

NMX-AA-164-SCFI-2013. *Análisis de agua – Determinación de la demanda bioquímica de oxígeno (DBO5).* Secretaría de Economía.

NMX-AA-179-SCFI-2018. *Análisis de agua – Determinación de sólidos suspendidos totales (SST).* Secretaría de Economía.

Pennington, T. D., & Sarukhán, J. (2005). *Árboles tropicales de México* (3a ed.). UNAM & Fondo de Cultura Económica.

Perry, E., Swift, J., Gutiérrez-Aguirre, M., Reeve, A., Harrington, C., & Lidz, B. (2009). Geologic and hydrologic controls on coastal groundwater flow in the Yucatán Peninsula. *Journal of Hydrology*, 367, 9–21.

Perry, E., Velázquez-Olimán, G., & Socki, R. (2002). Hydrogeology of the Yucatán Peninsula. In *A new view of the Yucatán Peninsula* (pp. 115–138). Geological Society of America.

Petróleos Mexicanos (PEMEX). (2021). *Ficha técnica del Gas Licuado de Petróleo (GLP): propiedades físicas y densidad promedio.* México.

Pool, D. J., Snedaker, S. C., & Lugo, A. E. (1977). Structure of mangrove forests in Florida, Puerto Rico, Mexico, and Costa Rica. *Biotropica*, 9(3), 195–212.

Psuty, N. P., & Moreira, M. E. (1992). Dune and beach dynamics on a tropical coastline. *Journal of Coastal Research*, 8(2), 431–447.

Ramos, M. A. (1999). Migración de aves playeras en el Golfo de México. *Revista de Biología Tropical*, 47(1–2), 215–225.

Reid, F. (2009). *A Field Guide to the Mammals of Central America and Southeast Mexico*. Oxford University Press.

Schaldach, W. J., Escalante, P., & Navarrette, J. (2000). *Aves de la Península de Yucatán*. UNAM, Instituto de Biología.

Secretaría de Desarrollo Agrario, Territorial y Urbano (SEDATU). (2020). *Catálogo de costos de construcción para vivienda unifamiliar tipo media en la Península de Yucatán.* México.

Secretaría de Energía (SENER). (2022). *Balance Nacional de Energía 2021.* Gobierno de México.

Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT). (2019). *Guía técnica para la estimación de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) en proyectos de infraestructura.* México.

Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT). (2003). *Manual de procedimientos para la elaboración de Manifestaciones de Impacto Ambiental (MIA) de tipo particular*. Dirección General de Impacto y Riesgo Ambiental.

Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT). (2019). *Guía técnica para la estimación de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) en proyectos de infraestructura.* México.

Secretaría del Trabajo y Previsión Social (STPS). (2015). *Catálogo de Ocupaciones de la Construcción en México.* México.

SEMARNAT (2010). *NOM-059-SEMARNAT-2010*. Diario Oficial de la Federación.

SEMARNAT (2018). *Guía para la elaboración de Manifestaciones de Impacto Ambiental*.

Servicio Geológico Mexicano (2022). *Carta Geológica de la República Mexicana*. Secretaría de Economía.

SMN (2019). *Impacto histórico de ciclones tropicales*. Servicio Meteorológico Nacional.

Sutherland, W. J. (2006). *Ecological Census Techniques* (2nd ed.). Cambridge University Press.

Thompson, S. K. (2012). *Sampling* (3rd ed.). Wiley.

Tomlinson, P. B. (1986). *The Botany of Mangroves*. Cambridge University Press.

Torres, R. y Castañeda, F. (2016). *Consumo energético en viviendas unifamiliares en zonas cálido-húmedas de México. Revista de la Construcción*, 15(2), 85–97.

Twilley, R. R., Chen, R., & Hargis, T. (1996). Carbon sinks in mangroves and their implications to climate change. *Ambio*, 25(1), 39–45.

Universidad Autónoma de Yucatán (UADY). (2017). *Manual de buenas prácticas para la construcción sustentable en zonas costeras de Yucatán.* Facultad de Ingeniería, Mérida, Yucatán.

Vitt, L. J., & Caldwell, J. P. (2014). *Herpetology: An Introductory Biology of Amphibians and Reptiles* (4th ed.). Academic Press.