ROTONDA

CAPÍTULO 1. DATOS GENERALES DEL PROYECTO, DEL PROMOVENTE Y DEL RESPONSABLE DEL DOCUMENTO TÉCNICO UNIFICADO

DOCUMENTO TÉCNICO UNIFICADO MODALIDAD B PARTICULAR

Contenido

CAPÍTULO 1. DATOS GENERALES DEL PROYECTO, DEL PROMOVENTE Y DEL RESPONSABLE DEL DOCUMENTO TÉCNICO UNIFICADO 2
1.1. Introducción 2
1.2. Datos Generales del Proyecto 3
1.2.1. Nombre del Proyecto 3
1.2.2. Ubicación del Proyecto 3
1.2.3. Duración del Proyecto 10
1.3. Datos Generales del Promovente 10
1.3.1. Nombre o razón social 10
1.3.2. Registro Federal de Contribuyentes del Promovente 10
1.3.3. Nombre del Representante Legal 10
1.3.4. Dirección del Promovente o de su Representante Legal 10
1.4. Responsable de la Elaboración del Estudio de Impacto Ambiental 10
1.4.1. Nombre o Razón Social 10
1.4.2. Registro Federal de Contribuyentes 10
1.4.3. Nombre del Responsable Técnico del Estudio 11
1.4.4. CURP del Responsable Técnico de la Elaboración del Estudio 11
1.4.5. Cedula Profesional del Responsable Técnico de la Elaboración del Estudio 11
1.4.6. Dirección del Responsable Técnico del Estudio 11
1.5. Responsable de la Elaboración del Estudio Forestal 11
1.5.1. Nombre o Razón Social 11
1.5.2. Registro Federal de Contribuyentes 11
1.5.3. Nombre del Responsable Técnico del Estudio 11
1.5.4. Número de Inscripción en Registro Forestal Nacional 11
1.5.5. Cedula Profesional del Responsable Técnico de la Elaboración del Estudio 11
1.5.6. Dirección del Responsable Técnico del Estudio 11
1.6. Relación de Especialistas Responsables de la Elaboración del DTU-BP 12
1.7. Datos de Inscripción en el Registro de la Persona que Formulo el Documento en Materia Forestal y, en su Caso, del Responsable de Dirigir la Ejecución del Cambio de Uso de Suelo 13

CAPÍTULO 1. DATOS GENERALES DEL PROYECTO, DEL PROMOVENTE Y DEL RESPONSABLE DEL DOCUMENTO TÉCNICO UNIFICADO

1.1. Introducción

Con fundamento en el "*ACUERDO por el que se expiden los lineamientos y procedimientos para solicitar en un trámite único ante la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales las autorizaciones en materia de impacto ambiental y en materia forestal que se indican y se asignan las atribuciones correspondientes en los servidores públicos que se señalan",* emitido el 22 de diciembre de 2010 en el Diario Oficial de la Federación, mediante el cual se unifican la evaluación de impacto ambiental y el cambio de uso de suelo en terrenos forestales, el cual prevé dos modalidades, siendo el que nos atiende la modalidad B que corresponde a las obras o actividades señaladas en la fracción VII más las descritas en cualquier otra fracción del artículo 28 excepto la fracción V de dicho artículo, se presenta el Documento Técnico Unificado modalidad B Particular del Proyecto "Rotonda" (en adelante denominado el Proyecto).

Lo anterior, en apego a las disposiciones establecidas en los Artículos 28 de la Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente (LGEEPA) y el Artículo 93 de la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable (LGDFS).

El Artículo Séptimo del Acuerdo, señala que el DTU-BP contendrá la información que prevé el Artículo 12 del Reglamento de la LGEEPA en Materia de Impacto Ambiental (REIA), así como la indicada en el Artículo 121 del Reglamento de la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable. Con base en esto, y tomando como referencia los lineamientos establecidos en el "*Instructivo para la elaboración del Documento Técnico Unificado (DTU) del trámite de cambio de uso de suelo forestal, modalidad B- Particular" (BP),* el presente DTU-BP está integrado por la siguiente información:

I. DATOS GENERAL DEL PROYECTO Y DEL PROMOVENTE;
II. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO;
III. VINCULACIÓN CON LOS INSTRUMENTOS DE PLANEACIÓN Y ORDENAMIENTOS JURÍDICOS APLICABLES EN MATERIA AMBIENTAL, Y EN SU CASO, CON LA REGULACIÓN SOBRE USO DEL SUELO;
IV. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA AMBIENTAL Y SEÑALAMIENTO DE LA PROBLEMÁTICA DETECTADA EN EL ÁREA DE INFLUENCIA DEL PROYECTO;
V. IDENTIFICACIÓN, DESCRIPCIÓN Y EVALUACIÓN DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES;
VI. JUSTIFICACIÓN TÉCNICA, ECONÓMICA Y SOCIAL QUE MOTIVE LA AUTORIZACIÓN EXCEPCIONAL DEL CAMBIO DE USO DE SUELO;
VII. MEDIDAS DE PREVENCIÓN Y MITIGACIÓN DE IMPACTOS SOBRE LOS RECURSOS FORESTALES;
VIII. PRONÓSTICOS AMBIENTALES Y, EN SU CASO, EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS;
IX. IDENTIFICACIÓN DE LOS INSTRUMENTOS METODOLÓGICOS Y ELEMENTOS TÉCNICOS QUE SUSTENTAN LA INFORMACIÓN SEÑALADA EN LAS FRACCIONES ANTERIORES.

En cumplimiento con las disposiciones anteriormente citadas en este capítulo se presentan los datos generales del proyecto, del promovente y del responsable del estudio de impacto ambiental del Proyecto “Rotonda”.

1.2. Datos Generales del Proyecto

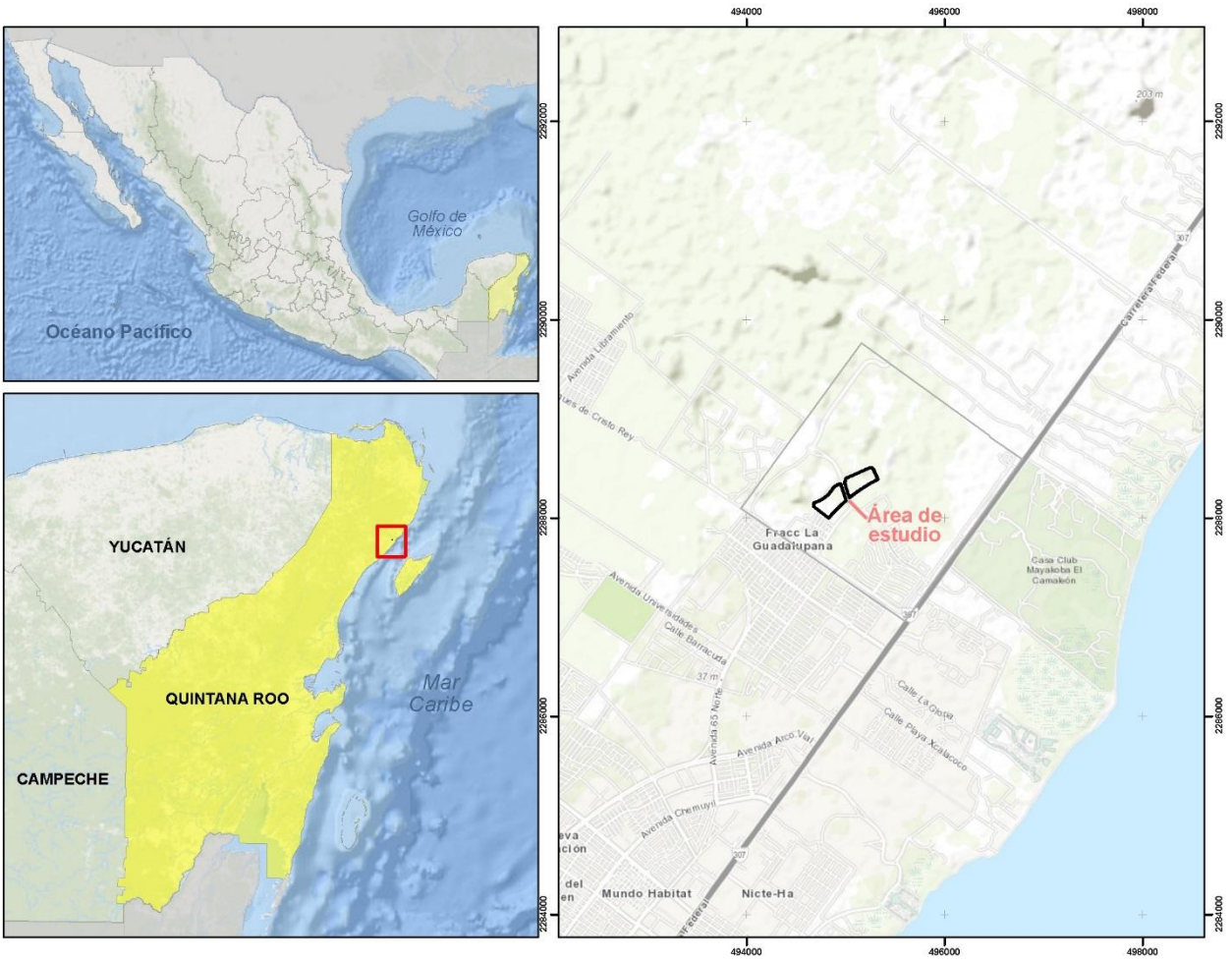
1.2.1. Nombre del Proyecto

Rotonda

1.2.2. Ubicación del Proyecto

El Proyecto se localiza a la altura del kilómetro 298 de la carretera federal 307 Reforma Agraria – Puerto Juárez, en la zona norponiente de la ciudad de Playa del Carmen, municipio de Solidaridad, Quintana Roo, al interior del Plan Maestro Ciudad Mayakoba (antes “El Ximbal”). La ubicación del Proyecto a nivel regional se puede observar en la Figura 1. 1.

Figura 1. 1. Ubicación regional del Proyecto.



ELIMINADO, por contener DATOS PERSONALES que son considerados INFORMACIÓN CONFIDENCIAL de conformidad con los artículos 23 y 116 de la Ley General de Transparencia y Acceso a la Información Pública; 9 y 113 de la Ley Federal de Transparencia y Acceso a la Información Pública.

Figura 1. 2. Superficie del Lote 003 y Lote 008.



El desarrollo de este Proyecto está enmarcado en un proceso de planificación y gestión ambiental que tiene sus orígenes en el diseño y desarrollo del Plan Maestro Ciudad Mayakoba (antes “El Ximbal”), el cual fue evaluado por esta Dirección General de Impacto y Riesgo Ambiental a través de una manifestación de impacto ambiental modalidad regional (MIA-R) y autorizado mediante el oficio resolutivo SGPA/DGIRA/DG/04219 de fecha 19 de junio de 2013, así como por la Delegación Federal en el Estado de Quintana Roo Subdelegación de Gestión para la Protección Ambiental y Recursos Naturales mediante un Estudio Técnico Justificativo con oficio de resolución 03/ARRN/1476/13 3586 con fecha de notificación del 14 de noviembre de 2013. El cual se ajustó a las disposiciones jurídicas aplicables, tales como el Programa de Ordenamiento Ecológico Local del Municipio de Solidaridad, el Programa Parcial de Desarrollo Urbano “El Jesusito”, entre otros, según se manifiesta en las correspondientes resoluciones.

A la fecha, se han tenido diversas modificaciones de los instrumentos antes descritos, siendo los más recientes:

1. Modificación de la MIA-R de Ciudad Mayakoba con fecha del 04 de mayo de 2021 y resolutivo SGPA/DGIRA/DG/02434 (en adelante, Plan Maestro Ciudad Mayakoba autorizado)

2. Programa Parcial de Desarrollo Urbano “El Jesusito” Publicado en el Periódico Oficial del Estado el 10 de marzo de 2016 (PPDU-J).

    2.1. Acuerdo mediante el cual se aprueba autoriza la conformación del Polígono de Actuación Residencial, de actuación privada para la Relocalización de usos y destinos del suelo e intercambio de potencialidad de edificación dentro del desarrollo denominado complejo “CIUDAD MAYAKOBA”, respecto a los lotes 003 y 008, ubicados en la Carretera Federal 307 Chetumal-Puerto Juárez, km 298, en la Ciudad de Playa del Carmen, Municipio de Solidaridad, Quintana Roo; mismos que no contravienen, ni alteran las condiciones naturales de crecimiento, si no por el contrario privilegia la continuidad del desarrollo ordenado y planificado del Municipio de Solidaridad, Quintana Roo (Anexo 3.7). Periódico Oficial de la Federación. 21 de febrero de 2021.

De acuerdo con lo anterior, los predios donde se inserta el Proyecto cuentan con usos de suelo establecidos por el PPDU-J y por el Plan Maestro Ciudad Mayakoba autorizado en materia de impacto ambiental. Para más detalle de esta Autoridad, en la Tabla 1. 1 se presenta un análisis de los diferentes usos de suelo que le aplican a los predios (Lotes 008 y 003) según cada instrumento de planeación y, en la Figura 1. 3 y Figura 1. 4, se presenta su distribución.

Tabla 1. 1. Desglose de las superficies de los predios Lote 003 y Lote 008.

Escritura Pública	PPDU-J y Ciudad Mayakoba	Escritura Pública		PPDU-J			Ciudad Mayakoba		
Lote		Superficie		Usos de suelo	Superficie		Usos de suelo	Superficie	
		m²	ha		m²	ha		m²	ha
008	13	58,980.60	5.89	Mixto Comercial[1] (Lote 013)	55,130.22	5.51	Mixto[2] Comercial (Lote 013)	55,130.22	5.51
				Donación corredor biológico	3,850.57	0.38	Donación	3,850.57	0.38
				Subtotal	**58,980.79**	**5.89**	**Subtotal**	**58,980.79**	**5.89**
003	32	60,429.51	6.04	Mixto Comercial[1] (Lote 032)	51,276.62	5.13	Mixto[2] Comercial (Lote 032)	51,276.62	5.13
				Donación amortiguamiento	1,424.99	0.14	Donación	3,597.25	0.35
				Donación corredor biológico	2,172.26	0.21			
				Vialidad	5,555.89	0.55	Vialidad	5,555.89	0.55
				Subtotal	**60,429.76**	**6.04**	**Subtotal**	**60429.76**	**6.04**
Total		**119,410.11**	**11.94**	**Total**	**119,410.55**	**11.94**	**Total**	**119,410.55**	**11.94**

[1] Periódico Oficial de la Federación. 21 de febrero de 2021. Acuerdo mediante el cual se aprueba autoriza la conformación del Polígono de Actuación Residencial, de actuación privada para la Relocalización de usos y destinos del suelo e intercambio de potencialidad de edificación dentro del desarrollo denominado complejo “CIUDAD MAYAKOBA”, respecto a los lotes 003 y 008, ubicados en la Carretera Federal 307 Chetumal-Puerto Juárez, km 298, en la Ciudad de Playa del Carmen, Municipio de Solidaridad, Quintana Roo; mismos que no contravienen, ni alteran las condiciones naturales de crecimiento, si no por el contrario privilegia la continuidad del desarrollo ordenado y planificado del Municipio de Solidaridad, Quintana Roo (Anexo 3.7).

[2] Modificación autorizada al macroproyecto Ciudad Mayakoba, por la Dirección de Impacto y Riesgo Ambiental, mediante oficio SGPA/DGIRA/DG702437 con fecha del 19 de junio de 2021, para el cambio de uso de suelo habitacional (HP-1) de los Lotes denominados 13 y 32 (Lotes 03 y 08, manzana 01) a uso de suelo mixto comercial (MC-1), sin modificar densidad (Anexo 3.5).

Figura 1. 3. Distribución de los usos de suelo asignados por el PPDU-J a los predios Lote 003 (32) y Lote 008 (13).

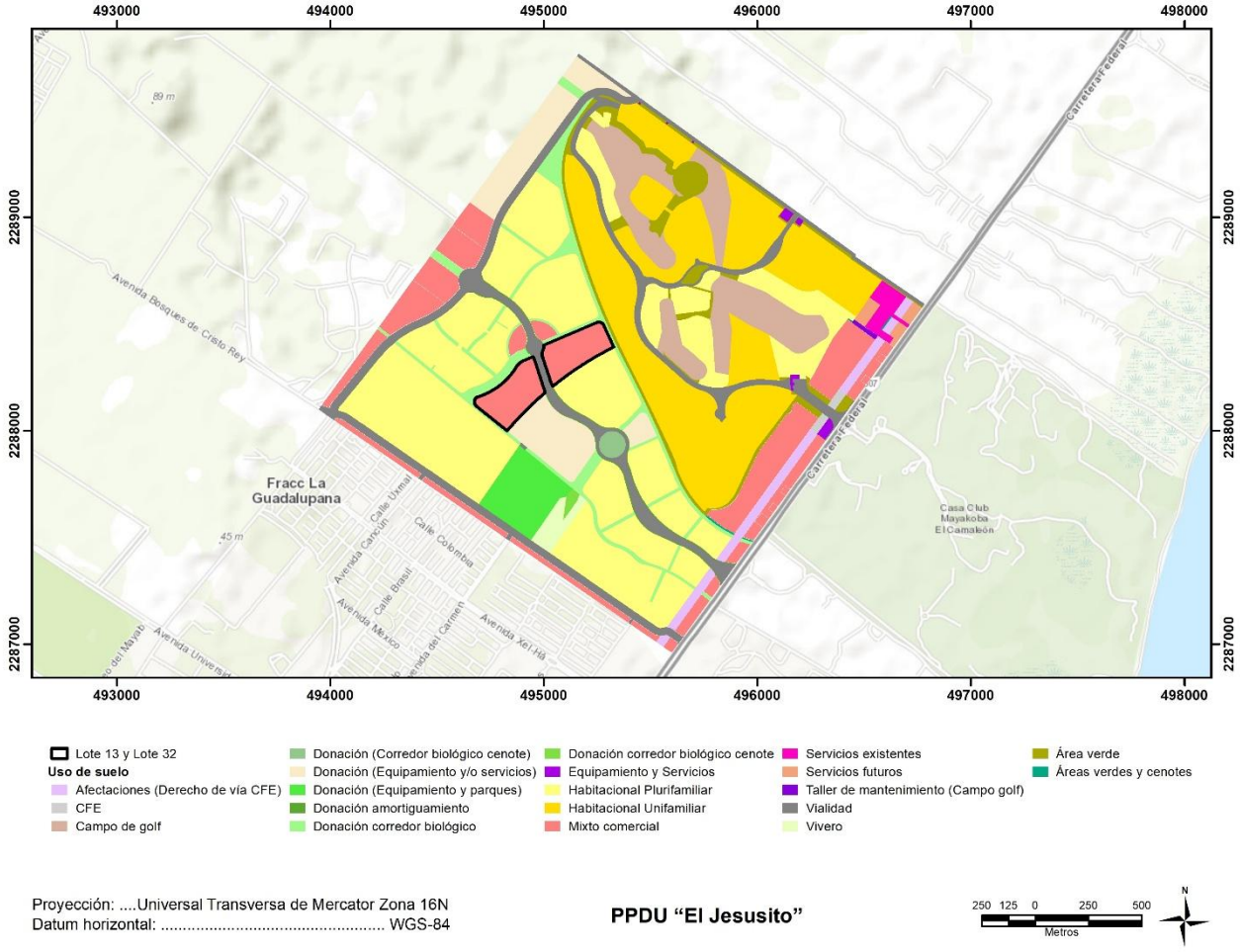
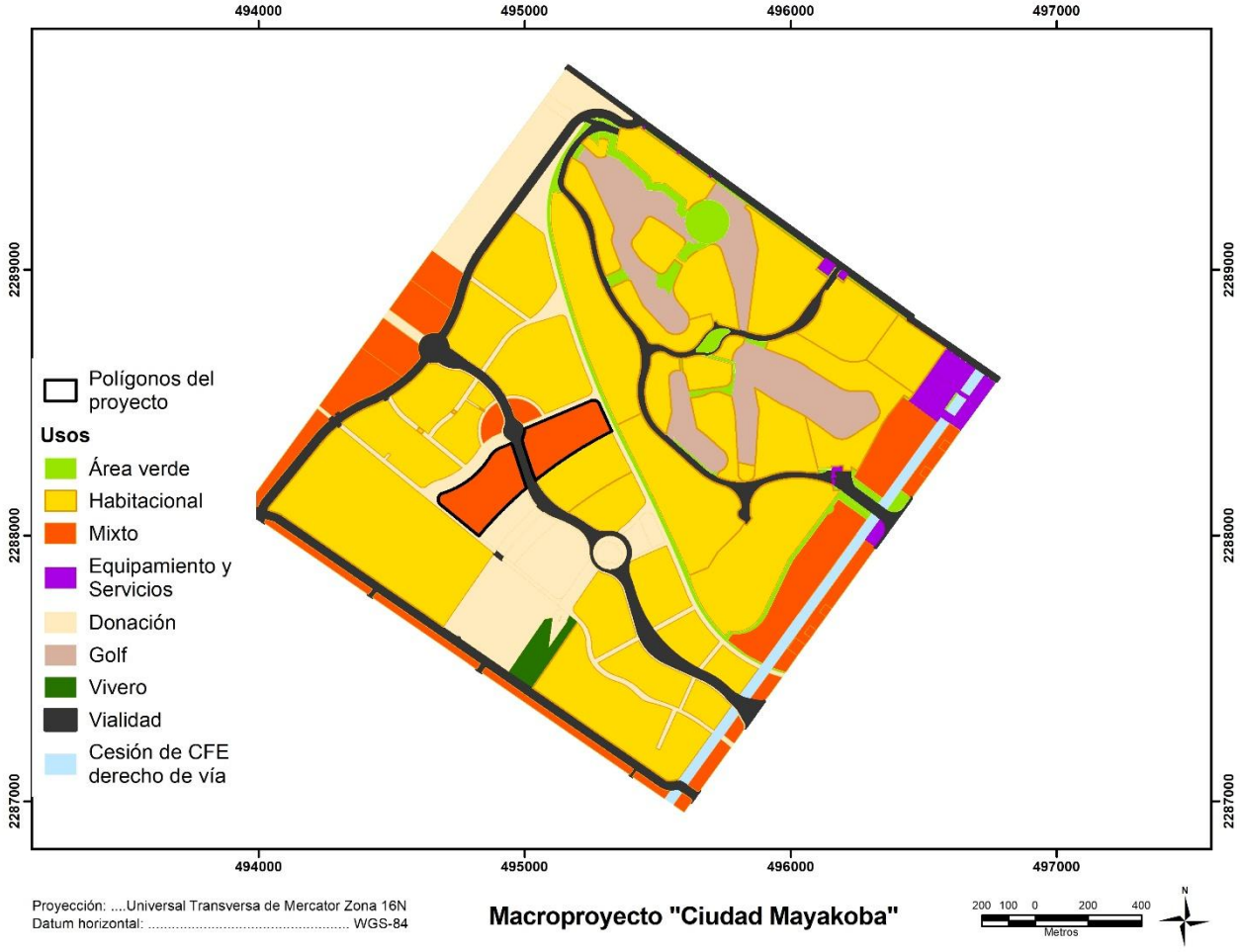


Figura 1. 4. Distribución de los usos de suelo asignados por el Plan Maestro Ciudad Mayakoba a los predios Lote 003 y Lote 008.



Ahora bien, se manifiesta que el Proyecto únicamente se desplantará dentro de los polígonos con destino de uso de suelo “Mixto Comercial” identificados con los números Lote 13 y Lote 32 (de acuerdo con el PPDU-J); toda vez que: a) el área con uso de suelo de “Vialidad” ya ha sido evaluada y autorizada para su desarrollo con base en lo establecido en el Plan Maestro de Ciudad Mayakoba autorizado y b) los usos de suelo “Donación corredor biológico” y “Donación amortiguamiento” ya se han destinado como conservación manteniendo su condiciones originales, tal y como se estableció también en el Plan Maestro autorizado de Ciudad Mayakoba.

Es así que, para fines de este DTU-BP, el **área de estudio** en donde se realizará el cambio de uso de suelo en terrenos forestales del Proyecto propuesto, quedará comprendida por el área ocupada por el Lote 13 y Lote 32 con uso de suelo “Mixto Comercial”, que en su conjunto suman una superficie de **10.64 ha** y, cuyas coordenadas extremas se muestran en la Figura 1. 5 y Figura 1. 6, y Tabla 1. 2. Para más claridad de esta Autoridad, se retoma que:

- El Lote 13 con uso de suelo Mixto Comercial (denominado así según el PPDU-J), se encuentra dentro del predio con clave Lote 008 según la Escritura Pública [redacted]. Con superficie de 5.51 ha.

- El Lote 032 con uso de suelo Mixto Comercial (denominado así según el PPDU-J), se encuentra dentro del predio con clave Lote 003 según la Escritura Pública [redacted]. Con superficie de 5.13 ha.

Figura 1. 5. Coordenadas Lote 13.

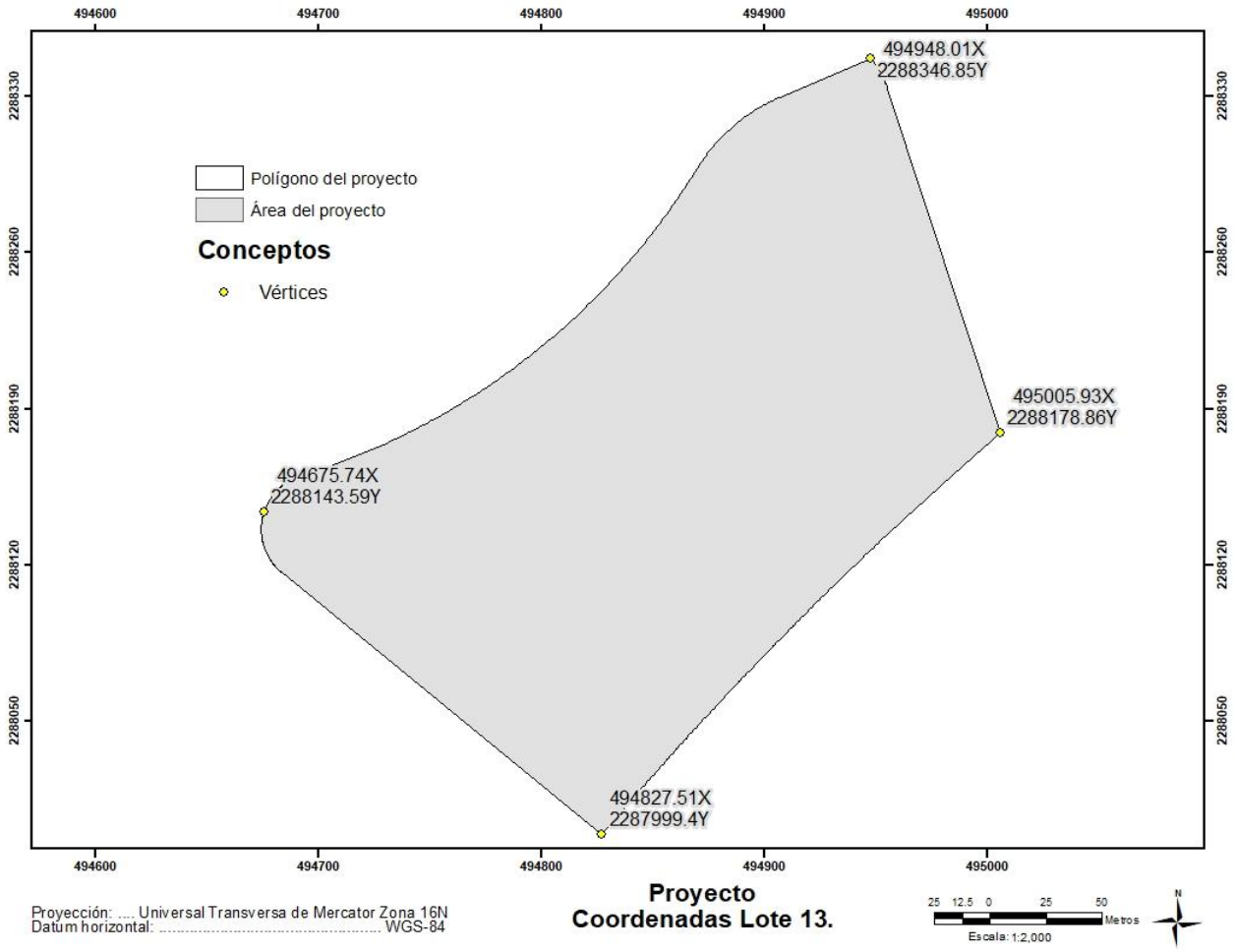


Figura 1. 6. Coordenadas Lote 32.

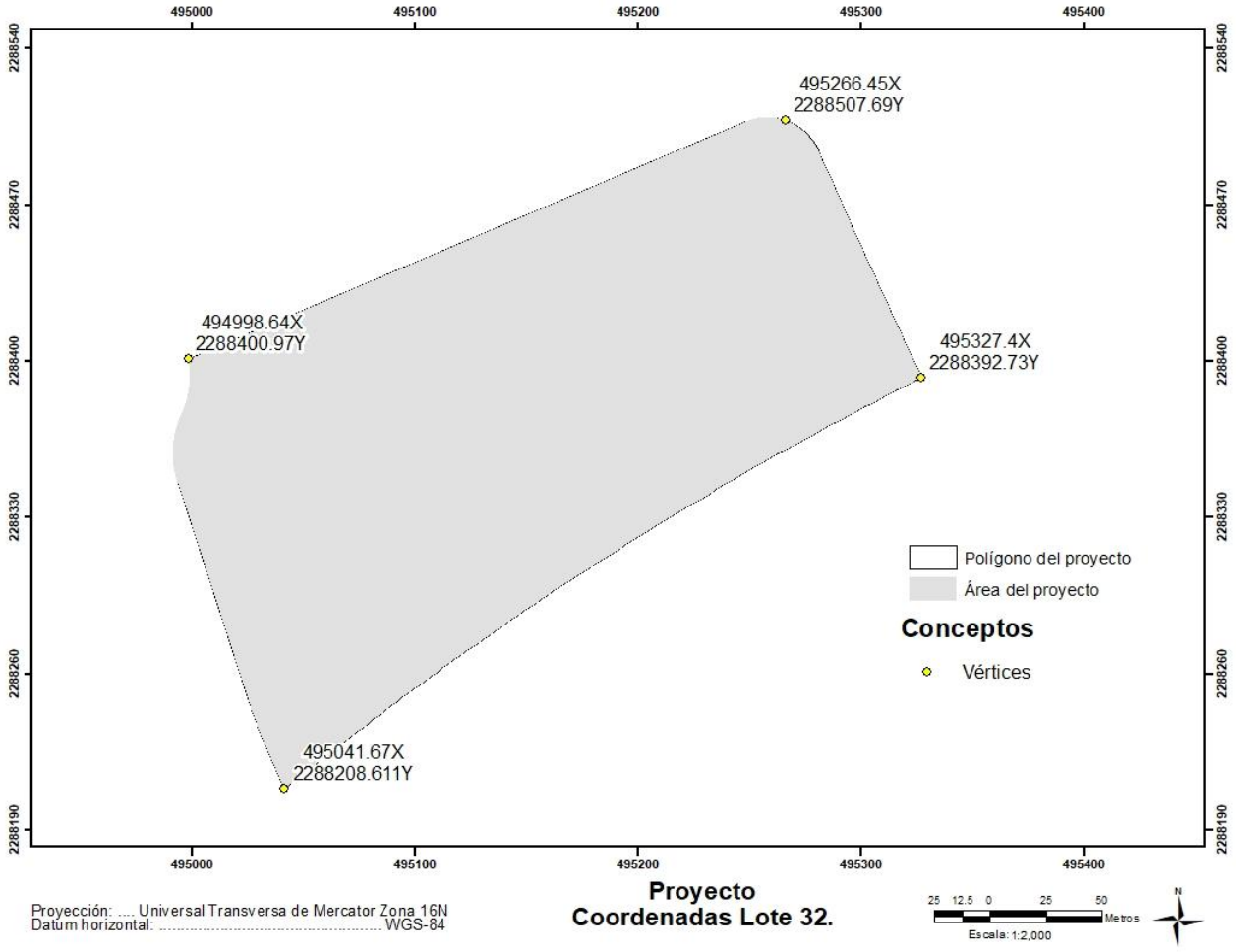


Tabla 1. 2. Coordenadas extremas de los lotes que conforman el Proyecto.

Vértice	X	Y
Lote 13 (contenido en el Lote 008)		
1	494948.01	2288346.85
2	495005.93	2288178.86
3	494827.51	2287999.4
4	494675.74	2288143.59
Superficie: 5.51 ha		
Lote 32 (contenido en el Lote 003)		
1	495266.45	2288507.69
2	495327.4	2288392.73
3	495041.67	2288208.611
4	494998.64	2288400.97
Superficie: 5.13 ha		

1.2.3. Duración del Proyecto

El Proyecto considera un plazo para su desarrollo de 99 años, de los cuales 15 años serán para la preparación del sitio y construcción.

1.3. Datos Generales del Promovente

1.3.1. Nombre o razón social

ELIMINADO, por contener DATOS PERSONALES que son considerados INFORMACIÓN CONFIDENCIAL de conformidad con los artículos 23 y 116 de la Ley General de Transparencia y Acceso a la Información Pública; 9 y 113 de la Ley Federal de Transparencia y Acceso a la Información Pública.

1.3.2. Registro Federal de Contribuyentes del Promovente

ELIMINADO, por contener DATOS PERSONALES que son considerados INFORMACIÓN CONFIDENCIAL de conformidad con los artículos 23 y 116 de la Ley General de Transparencia y Acceso a la Información Pública; 9 y 113 de la Ley Federal de Transparencia y Acceso a la Información Pública.

1.3.3. Nombre del Representante Legal

ELIMINADO, por contener DATOS PERSONALES que son considerados INFORMACIÓN CONFIDENCIAL de conformidad con los artículos 23 y 116 de la Ley General de Transparencia y Acceso a la Información Pública; 9 y 113 de la Ley Federal de Transparencia y Acceso a la Información Pública.

1.3.4. Dirección del Promovente o de su Representante Legal

ELIMINADO, por contener DATOS PERSONALES que son considerados INFORMACIÓN CONFIDENCIAL de conformidad con los artículos 23 y 116 de la Ley General de Transparencia y Acceso a la Información Pública; 9 y 113 de la Ley Federal de Transparencia y Acceso a la Información Pública.

1.4. Responsable de la Elaboración del Estudio de Impacto Ambiental

1.4.1. Nombre o Razón Social

ELIMINADO, por contener DATOS PERSONALES que son considerados INFORMACIÓN CONFIDENCIAL de conformidad con los artículos 23 y 116 de la Ley General de Transparencia y Acceso a la Información Pública; 9 y 113 de la Ley Federal de Transparencia y Acceso a la Información Pública.

1.4.3. Nombre del Responsable Técnico del Estudio

ELIMINADO, por contener DATOS PERSONALES que son considerados INFORMACIÓN CONFIDENCIAL de conformidad con los artículos 23 y 116 de la Ley General de Transparencia y Acceso a la Información Pública; 9 y 113 de la Ley Federal de Transparencia y Acceso a la Información Pública.

1.5. Responsable de la Elaboración del Estudio Forestal

1.5.1. Nombre o Razón Social

ELIMINADO, por contener DATOS PERSONALES que son considerados INFORMACIÓN CONFIDENCIAL de conformidad con los artículos 23 y 116 de la Ley General de Transparencia y Acceso a la Información Pública; 9 y 113 de la Ley Federal de Transparencia y Acceso a la Información Pública.

1.5.5. Cedula Profesional del Responsable Técnico de la Elaboración del Estudio

ELIMINADO, por contener DATOS PERSONALES que son considerados INFORMACIÓN CONFIDENCIAL de conformidad con los artículos 23 y 116 de la Ley General de Transparencia y Acceso a la Información Pública; 9 y 113 de la Ley Federal de Transparencia y Acceso a la Información Pública.

1.5.6. Dirección del Responsable Técnico del Estudio

ELIMINADO, por contener DATOS PERSONALES que son considerados INFORMACIÓN CONFIDENCIAL de conformidad con los artículos 23 y 116 de la Ley General de Transparencia y Acceso a la Información Pública; 9 y 113 de la Ley Federal de Transparencia y Acceso a la Información Pública.

1.6. Relación de Especialistas Responsables de la Elaboración del DTU-BP

ELIMINADO, por contener DATOS PERSONALES que son considerados INFORMACIÓN CONFIDENCIAL de conformidad con los artículos 23 y 116 de la Ley General de Transparencia y Acceso a la Información Pública; 9 y 113 de la Ley Federal de Transparencia y Acceso a la Información Pública.

ELIMINADO, por contener DATOS PERSONALES que son considerados INFORMACIÓN CONFIDENCIAL de conformidad con los artículos 23 y 116 de la Ley General de Transparencia y Acceso a la Información Pública; 9 y 113 de la Ley Federal de Transparencia y Acceso a la Información Pública.

1.7. Datos de Inscripción en el Registro de la Persona que Formulo el Documento en Materia Forestal y, en su Caso, del Responsable de Dirigir la Ejecución del Cambio de Uso de Suelo

ELIMINADO, por contener DATOS PERSONALES que son considerados INFORMACIÓN CONFIDENCIAL de conformidad con los artículos 23 y 116 de la Ley General de Transparencia y Acceso a la Información Pública; 9 y 113 de la Ley Federal de Transparencia y Acceso a la Información Pública.

[redacted]

ELIMINADO, por contener DATOS PERSONALES que son considerados INFORMACIÓN CONFIDENCIAL de conformidad con los artículos 23 y 116 de la Ley General de Transparencia y Acceso a la Información Pública; 9 y 113 de la Ley Federal de Transparencia y Acceso a la Información Pública.

ROTONDA

CAPÍTULO 2. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

DOCUMENTO TÉCNICO UNIFICADO B MODALIDAD PARTICULAR

Contenido

CAPÍTULO 2. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO 3
2.1. Introducción 3
2.2. Información General del Proyecto 4
2.2.1. Naturaleza del Proyecto 5
2.2.2. Justificación y Objetivos del Proyecto 6
2.2.3. Ubicación del Proyecto 8
2.2.4. Inversión Requerida 9
2.3. Descripción General del Proyecto 10
2.3.1. Representación Gráfica Regional 12
2.3.2. Representación Gráfica Local 14
2.3.3. Uso Actual del Suelo 15
2.3.4. Urbanización del Área y Descripción de los Servicios Requeridos 16
2.4. Características Particulares del Proyecto 18
2.4.1. Cambio de Uso de Suelo en Terrenos Forestales 22
2.4.2. Obras del Proyecto 23
2.4.2.1. Torres (edificios) 23
2.4.2.2. Estacionamiento 40
2.4.2.3. Andadores 41
2.4.2.4. Vialidades 42
2.4.2.5. Casetas, Bodegas y Cuarto de Máquinas 43
2.4.2.6. Espejo de Agua 45
2.4.2.7. Áreas Verdes 45
2.4.2.8. Área de Conservación 47
2.4.2.9. Pozos de absorción 48
2.5. Programa General de Trabajo 50
2.6. Descripción de las Etapas de Desarrollo del Proyecto 51
2.6.1. Etapa de Preparación 51
2.6.2. Estimación del Volumen por Especie de Materias Primas Forestales Derivadas del Cambio de Uso de Suelo 57
2.6.2.1. Principios Metodológicos para Obtener Valores Dasométricos 57
2.6.2.2. Metodología para el Cálculo de Volúmenes Maderables 59
2.6.2.3. Justificación de la Representatividad del Muestreo 64
2.6.2.4. Resultados 65
2.6.2.5. Destino Final de los Productos Resultantes del Cambio de Uso de Suelo 67

2.6.3. Estimación Económica de los Recursos Biológicos Forestales del Área Sujeta al Cambio de Uso de Suelo 68
2.6.3.1. Estimación del Valor Económico de Recursos Forestales Maderables 69
2.6.3.2. Estimación del Valor Económico de Recursos Forestales no Maderables 73
2.6.3.3. Estimación del Valor Económico de los Recursos Faunístico 75
2.6.3.4. Estimación del Valor Económico de los Servicios Ambientales 77
2.6.4. Etapa de Construcción 85
2.6.5. Etapa de Operación y Mantenimiento 86
2.6.6. Desmantelamiento y Abandono de las Instalaciones 87
2.7. Insumos 87
2.7.1. Personal 88
2.7.2. Maquinaria y Equipo 88
2.7.3. Combustible 88
2.7.4. Energía 89
2.7.5. Agua 89
2.8. Residuos y Emisiones de Gases de Efecto Invernadero 90
2.8.1. Residuos Sólidos 90
2.8.2. Residuos Líquidos 90
2.8.3. Residuos Peligrosos 91
2.8.4. Generación de Gases de Efecto Invernadero 92

CAPÍTULO 2. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

2.1. Introducción

El [redacted] (en adelante la Promovente) solicita a la H. Autoridad la evaluación y autorización del presente Documento Técnico Unificado modalidad B Particular (DTU-BP) del proyecto denominado Rotonda (en adelante denominado el Proyecto) con pretendida ubicación en el kilómetro 298 de la Carretera Federal 307, Reforma Agraria-Puerto Juárez, en la zona norponiente de la ciudad Playa del Carmen, municipio de Solidaridad, en el estado de Quintana Roo, con base en el ACUERDO por el que se expiden los lineamientos y procedimientos para solicitar en un trámite único ante la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales las autorizaciones en materia de impacto ambiental y en materia forestal que se indican y se asignan las atribuciones correspondientes en los servidores públicos que se señalan emitido por el Secretario de Medio Ambiente y Recursos Naturales el 22 de diciembre de 2010 en el Diario Oficial de la Federación.

Lo anterior, en apego a las disposiciones establecidas en los Artículos 28 de la Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente (LGEEPA), y el Artículo 93 de la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable (LGDFS).

El párrafo primero del Artículo 28 de la LGEEPA establece que la evaluación de impacto ambiental es el procedimiento a través del cual la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) determina las condiciones a que se sujetará la realización de obras y actividades que pueden 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 ambiente y que en relación a ello, quienes pretendan llevar a cabo alguna de las obras y actividades que dicho lineamiento enlista, requerirán previamente la autorización en materia de impacto ambiental de la SEMARNAT. Cabe señalar que, para el trámite unificado modalidad B se exceptúa la fracción V del Artículo 28 de la LGEEPA.

Por otro lado, el trámite de autorización de cambio de uso de suelo en terrenos forestales se encuentra previsto en el Artículo 93 de la LGDFS que establece que la Secretaría sólo podrá autorizarlo por excepción, previa opinión técnica de los miembros del Consejo Estatal Forestal de que se trate y con base en los estudios técnicos justificativos que demuestren que no se compromete la biodiversidad, ni se provocará la erosión de los suelos, el deterioro de la calidad del agua o la disminución en su captación; y que los usos alternativos del suelo que se propongan sean más productivos a largo plazo…; además, el Artículo 98 de la LGDFS señala que, los interesados en el cambio de uso de terrenos forestales, deberán acreditar que otorgaron depósito ante el Fondo, para concepto de compensación ambiental para actividades de reforestación o restauración y su mantenimiento, en los términos y condiciones que establezca el Reglamento.

Por lo anterior, en este capítulo se presenta detalladamente el proceso de planeación que se siguió para la conformación del diseño del Proyecto, la puntual descripción de los elementos que lo integran, así como las obras y actividades que se llevarán a cabo por etapa de implementación, los insumos requeridos y los residuos generados que se deriven de él, en cumplimiento con lo señalado en la Fracción II del Artículo 13 del REIA.

Cabe señalar, que la Promovente se compromete a mantener un estricto apego a las disposiciones que se deriven del resolutivo correspondiente al presente Proyecto en caso de resultar autorizado el presente DTU-BP.

2.2. Información General del Proyecto

El Proyecto se desarrolla sobre los Lotes 13 y 32, integrados al Plan Maestro denominado Ciudad Mayakoba, el cual cuenta con autorización en materia de impacto ambiental conforme al oficio resolutivo número SGPA/DGIRA/DG/04219, emitido el 19 de junio de 2013, así como sus posteriores modificaciones. La más reciente de estas fue aprobada mediante el oficio resolutivo SGPA/DGIRA/DG/02437, fechado el 19 de junio de 2021. Asimismo, el desarrollo se encuentra regulado por el Plan Parcial de Desarrollo Urbano El Jesusito (PPDU-J), publicado en el Periódico Oficial del Estado de Quintana Roo el 10 de marzo de 2016.

El Proyecto que se somete a evaluación en materia de impacto ambiental y cambio de uso de suelo en terrenos forestales (CUSTF) contempla el desarrollo de obras y actividades destinadas a usos habitacional y comercial, sobre una superficie total de 10.64 hectáreas. Conforme a los usos de suelo establecidos en el Plan Parcial de Desarrollo Urbano El Jesusito (PPDU-J) y a la última modificación autorizada del proyecto Ciudad Mayakoba, dicha superficie corresponde a la categoría de uso mixto comercial (MC-1).

Del total del predio, se prevé un área de aprovechamiento de 7.98 hectáreas (75%), correspondiente a las zonas sujetas al trámite de CUSTF, mientras que el 25% restante, equivalente a 2.66 hectáreas, será destinado a conservación. El desarrollo estará conformado por 25 edificios tipo torre, en los cuales se distribuirán 920 viviendas, además de lotes comerciales, infraestructura de apoyo, equipamiento urbano y espacios de esparcimiento que permitirán la operación integral del conjunto.

Todas las obras y actividades que se llevarán a cabo para el Proyecto están contenidas en alguno de los conceptos que se enlistan a continuación, los cuales se describen más a detalle en el apartado 2.4.2.

Tabla 2. 1. Conceptos que conforman las obras y actividades del Proyecto.

No.	Conceptos
1	Torres (edificios)
2	Estacionamiento
3	Andadores
4	Vialidades
5	Casetas
6	Bodegas
7	Espejo de agua
8	Áreas verdes
9	Áreas de conservación

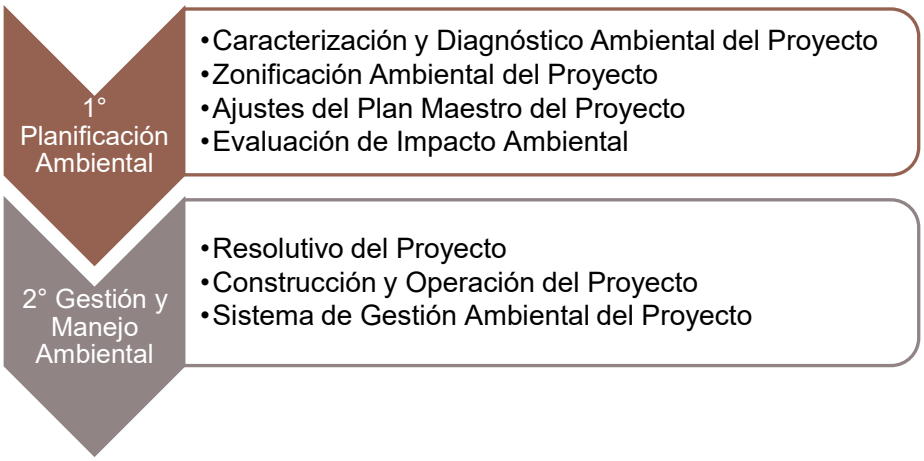
2.2.1. Naturaleza del Proyecto

El diseño del Proyecto se constituyó a través de un proceso de planificación ambiental que lo orienta hacia un esquema de sustentabilidad ambiental. Los ejes rectores a los cuales se apega el Proyecto son los siguientes:

Eje rector ambiental	• Diseño, planificación y lineamiento de construcción y operación de un desarrollo habitacional acorde con la conservación y uso sostenible de los ecosistemas y recursos del terreno.
Eje rector normativo	• Diseño, construcción y operación de un desarrollo habitacional que cumpla estrictamente con todos los instrumentos legales y normativos aplicables.
Eje rector arquitectónico	• Diseño de un modelo habitacional de alta calidad, cuya infraestructura y servicios combinen confort y elegancia, que se integre totalmente al paisaje y al medio ambiente.
Eje rector habitacional-comercial	• Diseño y operación de un desarrollo habitacional cuyo segmento comercial objetivo es el mercado nacional e internacional, sensible a escenarios de alta calidad ambiental y respeto a la naturaleza.
Eje rector social	• Contribución al desarrollo global de la región a través de la generación de beneficios sociales y económicos para la población local y de la región.

Esta estrategia enmarca al Proyecto en un esquema de sustentabilidad que surge de un proceso de planeación que garantiza la congruencia del Proyecto con los ejes rectores establecidos. Este proceso de planificación se presenta en la Figura 2.1.

Figura 2.1. Proceso de planificación y gestión ambiental del Proyecto.



Para dar cumplimiento a estos ejes rectores, dentro del proceso de planificación se consideraron los siguientes criterios ambientales y legales para el Proyecto:

- Dar estricto cumplimiento al marco legal ambiental y forestal aplicable.
- Menor fragmentación y afectación posible de ecosistemas (selva mediana subperennifolia / vegetación secundaria arbórea) por el desarrollo de infraestructura.
- Conservación y funciones ambientales.
- Garantizar el flujo y reflujo superficial subterráneo del agua.
- Mantener la estructura y función de los ecosistemas involucrados en el Sistema Ambiental (SA) con sus funciones ambientales críticas.
- Ubicación de infraestructura fuera de zonas de riesgo ambiental.
- Garantizar 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.
- Garantizar que el uso alternativo que se propone del suelo sea más productivo a largo plazo.

2.2.2. Justificación y Objetivos del Proyecto

El Proyecto considera el desarrollo de un complejo habitacional-comercial en un marco de sustentabilidad que atiende a las políticas de desarrollo del área en donde se ubica, trayendo consigo la generación de empleos, la activación de la derrama económica del sector, generación y captación de divisas y, de manera general, el mejoramiento de las condiciones socioeconómicas de la región.

Los objetivos estratégicos que persigue este Proyecto son:

- Desarrollar un proyecto que se integre de forma armónica con los elementos naturales del sitio, respetando los servicios ambientales que prestan los ecosistemas existentes.
- Alinearse a las diferentes regulaciones ambientales y forestales que le son aplicables.
- Generar un proyecto económica, ambiental y socialmente sustentable.
- Incrementar la oferta de vivienda y espacios comerciales en el sector local, nacional e internacional.

El Proyecto se encuentra influenciado por el área urbana del centro de población de Playa del Carmen y el uso urbano está previsto en el Programa Parcial del Desarrollo Urbano El Jesusito, cuyo polígono de aplicación está ubicado en el Municipio de Playa del Carmen, Quintana Roo.

Aunado a lo anterior, en el Programa de Ordenamiento Ecológico Local del Municipio de Solidaridad indica, para la UGA 14 Reserva Urbana Norte-Sur de Playa del Carmen, donde se localiza el Proyecto, en el rubro de escenario inicial señala que "*la carencia de vivienda genera inequidades sociales y propicia el surgimiento y proliferación de asentamientos no regulares, teniendo como resultado un crecimiento anárquico en los centros urbanos, y el aumento del rezago en infraestructura urbana y de servicios*", el rubro de tendencias establece que "*en la actualidad existe la necesidad por parte de las autoridades municipales y estatales de dotar de terrenos aptos para desarrollos de diferentes tipos económicos, ya que las superficies planeadas para la reserva urbana prácticamente se han agotado y por ello es importante establecer una planeación acorde a las expectativas de crecimiento poblacional que actualmente se tienen, generando zonas aptas para este desarrollo*".

La vivienda constituye un factor determinante de desarrollo social y económico, en la medida que posibilita la disminución de la pobreza y la miseria, la reactivación de la economía y la generación de empleo (Molina, 2005)[1]. El principal objetivo del Proyecto es impulsar el desarrollo habitacional de vivienda digna, promoviendo la reducción del rezago actual que se tiene de un bien de primera necesidad, logrando incrementar la calidad de vida de la población y el acceso a servicios hoy considerados esenciales para alcanzar niveles mínimos de bienestar.

Por otra parte, el sitio presenta condiciones topográficas, geológicas e hidrológicas adecuadas para el desarrollo del Proyecto, ya que las pendientes no son altas y el predio no presenta manifestaciones kársticas como cenotes, cavernas, lagunas interiores, rejolladas, ni zonas inundables. Al mismo tiempo, el Proyecto no tiene incidencia en áreas naturales protegidas.

Aunado anterior, el Proyecto propuesto permite que se mantenga la biodiversidad del SA definido, se mitiga el deterioro de la calidad del agua y la disminución de su captación y se mitiga la erosión de los suelos y la capacidad de almacenamiento de carbono, tal como lo establece el artículo 93 de la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable. Lo anterior se evidencia en los análisis descritos en los apartados correspondientes a la justificación técnica, económica y social del presente estudio.

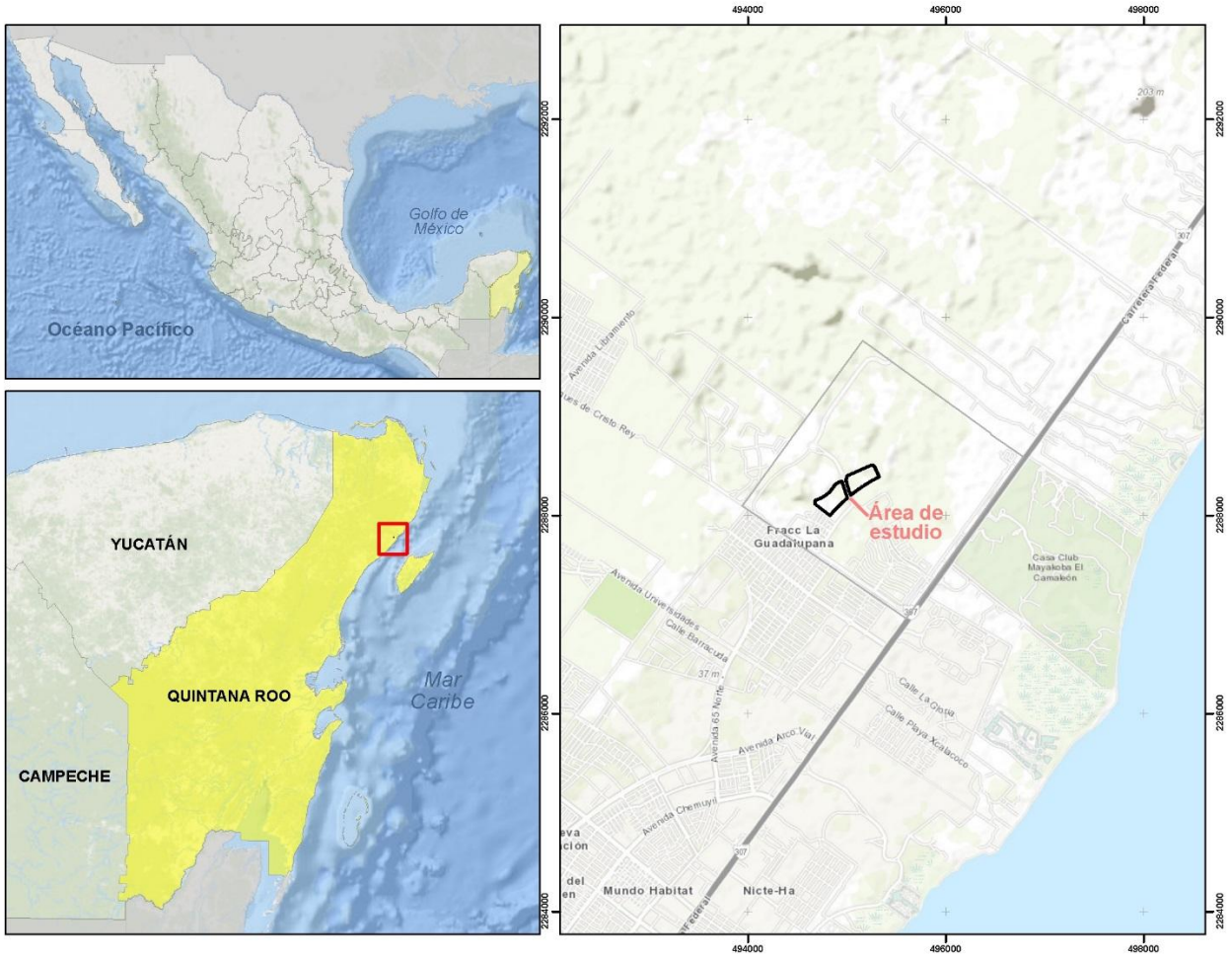
En conclusión, dada las circunstancias ambientales y legales en las que se encuentra el Proyecto y sus colindancias, así como la congruencia del Proyecto con los instrumentos jurídicos que regulan dicha área, se considera que el Proyecto es factible a desarrollarse, de tal forma que se logre la máxima conservación posible de los recursos forestales.

[1] Molina, P. (2005). Plan de Negocios para el emprendimiento de una empresa constructora de vivienda. Caso: Urbanización La Pradera (Tesis de MBA). Tarija, Bolivia: Universidad Católica Boliviana.

2.2.3. Ubicación del Proyecto

El Proyecto se ubica a la altura del kilómetro 298 de la carretera Federal 307, Reforma Agraria – Puerto Juárez, en la zona norponiente de la ciudad de Playa del Carmen, Municipio de Solidaridad en el Estado de Quintana Roo (Figura 2.2).

Figura 2.2. Localización geográfica regional del Proyecto.



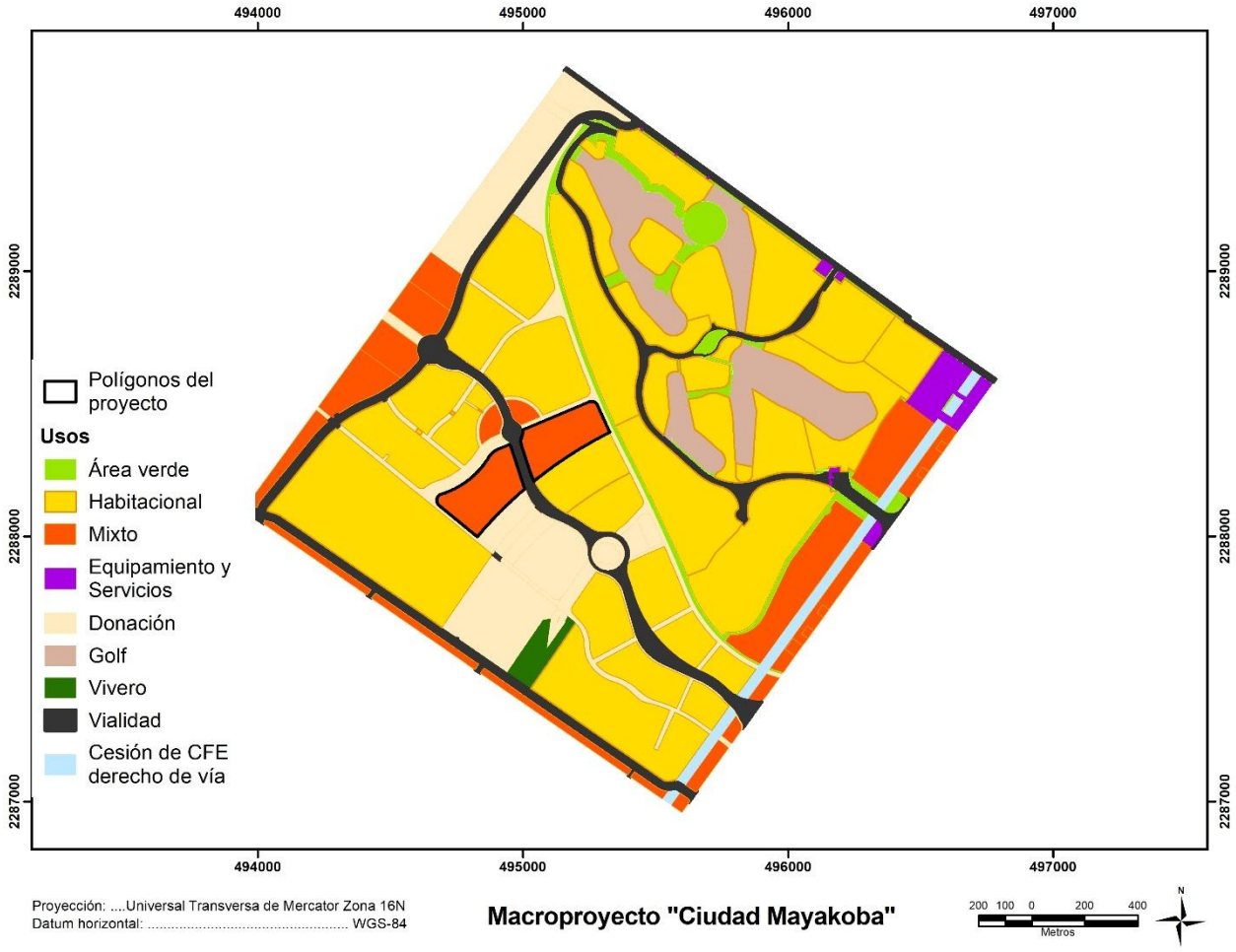
Asimismo, el Proyecto se inserta dentro de los Lotes 13 y 32 del macroproyecto autorizado Ciudad Mayakoba, los cuales en conjunto abarcan una superficie total de 10.64 hectáreas destinada a uso mixto comercial, conforme a lo establecido en el Plan Parcial de Desarrollo Urbano El Jesusito (PPDU-J). La delimitación espacial del predio, incluyendo sus coordenadas extremas y la ubicación de sus vértices, se presenta en la Tabla 2.2 y Figura 2.3

Tabla 2.2. Coordenadas externas de los lotes que conforman el Proyecto.

Vértice	X	Y
Lote 13		
1	494948.01	2288346.85
2	495005.93	2288178.86
3	494827.51	2287999.4
4	494675.74	2288143.59

Lote 32		
1	495266.45	2288507.69
2	495327.4	2288392.73
3	495041.67	2288208.611
4	494998.64	2288400.97

Figura 2.3. Lotes que conforman el Proyecto.



2.2.4. Inversión Requerida

Para el desarrollo del Proyecto se tendrá la inversión señalada en la Tabla 2.3. El costo del mantenimiento de las viviendas dependerá de las necesidades del Proyecto durante los 99 años de operación contemplados.

ELIMINADO, por contener DATOS PERSONALES que son considerados INFORMACIÓN CONFIDENCIAL de conformidad con los artículos 23 y 116 de la Ley General de Transparencia y Acceso a la Información Pública; 9 y 113 de la Ley Federal de Transparencia y Acceso a la Información Pública.

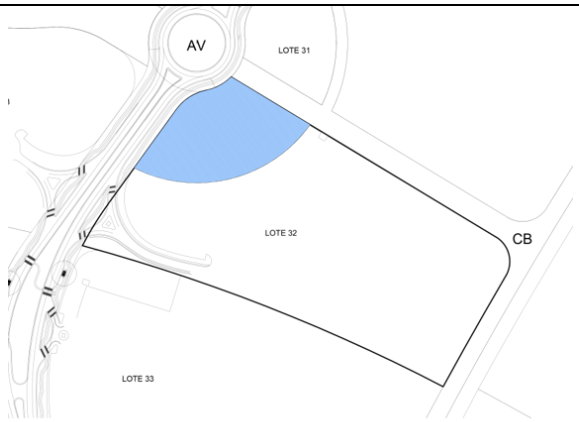
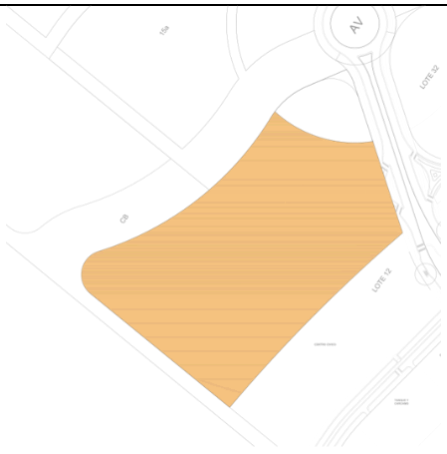
2.3. Descripción General del Proyecto

El Proyecto propuesto pretende la construcción de infraestructura habitacional y comercial, sobre un predio conformado por dos lotes denominados de acuerdo al PPDU-J (2016) y al macroproyecto Ciudad Mayakoba como: Lote 13 (5.51 ha) y Lote 32 (5.13 ha); ambos lotes suman una superficie total de 10.64 ha. En ambos lotes se llevarán a cabo las obras que conformarán el Proyecto.

En este tenor, para ambos lotes el 75% de su superficie (4.13 ha del Lote 13 y 3.85 ha del Lote 32) se destinará como aprovechamiento, mientras que el 25% (1.37 ha del Lote 13 y 1.28 ha del Lote 32) se mantendrá en sus condiciones naturales, es decir, que formará parte de las áreas de conservación internas del Proyecto.

El Proyecto será construido en dos fases. La primera fase consistirá en la edificación de un área comercial y habitacional, localizada en la parte superior de los macrolotes 13 y 32, dicha etapa es denominada Fase A. La segunda fase consistirá en la construcción de edificios habitacionales con áreas comunes, tanto en el lote 13 como en el 32, dicha fase es denominada Fase B (Tabla 2.4).

Tabla 2.4. Fase A y B del Proyecto.

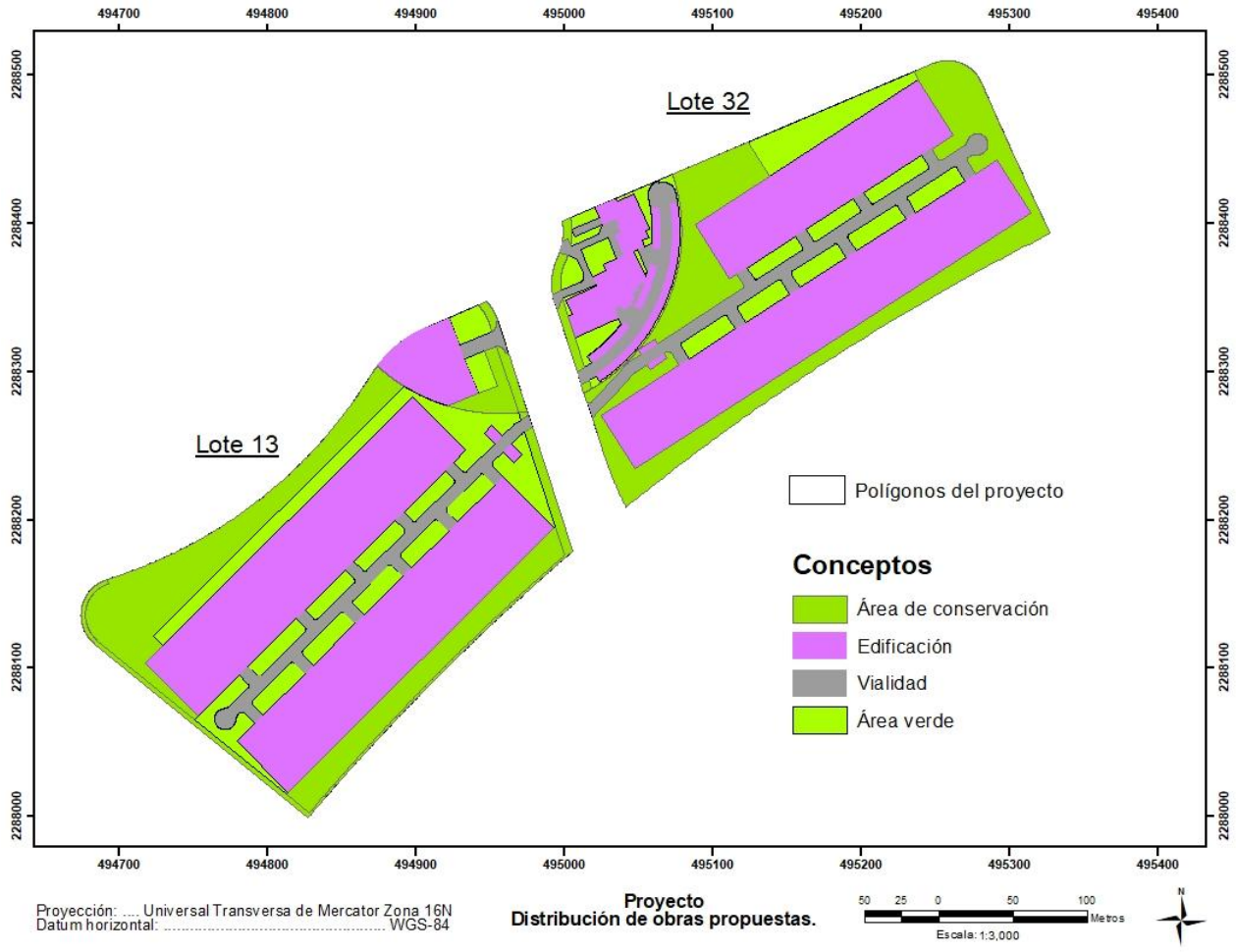
Primera fase	
Lote 13	Lote 32
	
Segunda fase	
Lote 13	Lote 32
	

El Proyecto, estará conformado por 24 torres o edificios de 10 niveles y una torre de 3 niveles, así como diversas amenidades. Las dimensiones de las obras propuestas para la implementación del Proyecto se presentan en la Tabla 2.5 y su distribución se exhibe en la Figura 2.4.

Tabla 2.5. Dimensiones de los conceptos que integran el Proyecto.

Concepto/elemento	Lote	Fase	Superficie		
			m^2	ha	%
Torres			**50991.11**	**5.10**	**47.92**
Torre	13	A	2296.52	0.23	2.16
Torre	32		2268.19	0.23	2.13
Torres	13	B	25116.50	2.51	23.60
Torres	32		21309.90	2.13	20.03
Estacionamiento			**1145.02**	**0.11**	**1.08**
Estacionamiento	32	A	1145.02	0.11	1.08
Andadores			**3188.82**	**0.32**	**3.00**
Andadores	13	A	131.55	0.01	0.12
Andadores	32		1143.81	0.11	1.07
Andadores	13	B	934.99	0.09	0.88
Andadores	32		978.47	0.10	0.92
Vialidades			**6830.80**	**0.68**	**6.42**
Vialidades	13	A	198.68	0.02	0.19
Vialidades	32		1402.99	0.14	1.32
Vialidades	13	B	2553.03	0.26	2.40
Vialidades	32		2676.10	0.27	2.52
Casetas			**124.89**	**0.01**	**0.12**
Caseta	13	B	75.98	0.01	0.07
Caseta	32		48.91	0.00	0.05
Bodegas			**122.59**	**0.01**	**0.12**
Bodega	13	B	75.98	0.01	0.07
Bodega	32		46.61	0.00	0.04
Espejo de agua			**79.51**	**0.01**	**0.07**
Espejo de agua	32	A	79.51	0.01	0.07
Áreas verdes			**17320.87**	**1.73**	**16.28**
Área verde	13	A	817.72	0.08	0.77
Área verde	32		1866.94	0.19	1.75
Área verde	13	B	9146.19	0.91	8.60
Área verde	32		5490.02	0.55	5.16
Subtotal aprovechamiento			**79803.61**	**7.98**	**75.00**
Conservación			**26601.36**	**2.66**	**25.00**
Conservación	13	A	1148.26	0.11	1.08
Conservación	32		558.10	0.06	0.52
Conservación	13	B	12634.23	1.26	11.87
Conservación	32		12260.77	1.23	11.52
Subtotal conservación			**26601.36**	**2.66**	**25.00**
Total, Proyecto			**106404.97**	**10.64**	**100.00**

Figura 2.4. Distribución de las obras propuestas para el Proyecto.



2.3.1. Representación Gráfica Regional

El Sistema Ambiental (SA) se define como "*el espacio finito definido con base en las interacciones entre los medios abióticos, bióticos y socio-económico de la región donde se pretende establecer el proyecto, generalmente formado por un conjunto de ecosistemas y dentro del cual se aplicará un análisis de los problemas, restricciones y potencialidades ambientales y de aprovechamiento*"[2].

De acuerdo al Artículo 11, Fracción IV del Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en Materia de Evaluación del Impacto Ambiental, el SAR constituye la extensión geográfica donde tiene lugar los impactos acumulativos, sinérgicos y residuales que pudieran ocasionar la destrucción, el aislamiento o la fragmentación de los ecosistemas[3].

[2] Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales. 08 de febrero de 2008. Guía para la Elaboración de la Manifestación de Impacto Ambiental Regional. Obtenido de: https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/121011/Guia_MIA-Regional.pdf.

[3] Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en Materia de Evaluación del Impacto Ambiental. Diario Oficial de la Federación, México, 30 de mayo de 2000. Última reforma publicada DOF 31 de octubre de 2014.

Y conforme a la Guía para la Elaboración de la Manifestación de Impacto Ambiental Regional, el área de influencia es el *"espacio físico asociado al alcance máximo de los impactos directos e indirectos ocasionados por el proyecto en el sistema ambiental o región, y que alterará algún elemento ambiental".*

Bajo estos contextos, para el establecimiento de los límites del SA, como primer paso, se definió la escala adecuada y objetiva en la que el Proyecto potencialmente podría influir en los componentes ambientales y sociales, considerando como principal elemento los impactos antes mencionados, así como la extensión geográfica donde tendrían lugar dichos impactos.

Posteriormente, esta primera aproximación a la delimitación del SA, fue perfeccionada considerando los siguientes aspectos:

- Aspectos ambientales: Fisiografía, geomorfología y vegetación, etc.

- Aspectos jurídicos: Instrumentos jurídicos referentes al ordenamiento del territorio y áreas naturales protegidas.

- Aspectos sociales – urbanos: Vías de comunicación, construcciones, etc. (limitantes físicas que representan barreras naturales frente a la propagación o dispersión de algún impacto definido para cada uno de los componentes del medio).

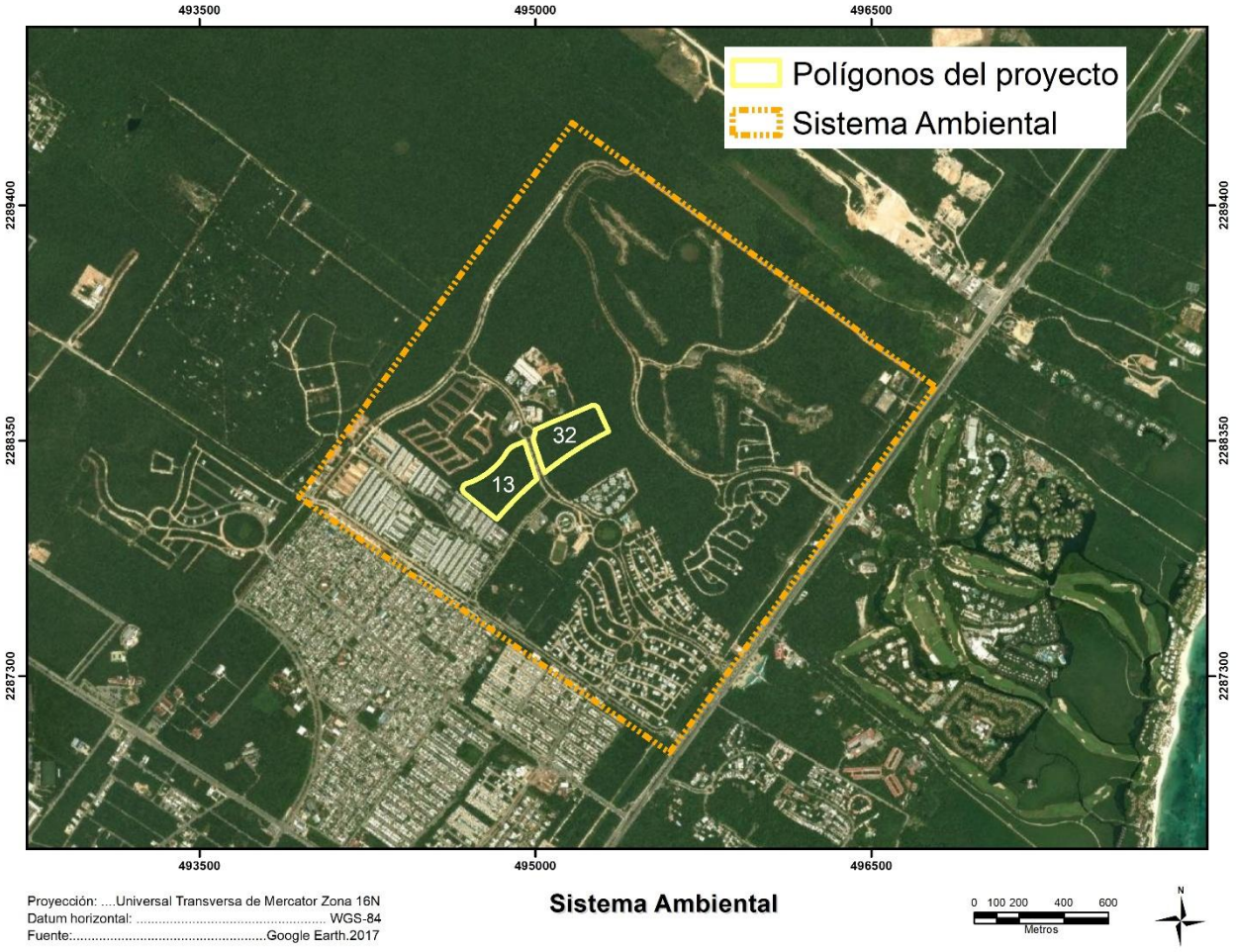
Como se puede observar, la definición del SA, obedeció a diferentes criterios que permiten garantizar que la evaluación de los impactos ambientales y el seguimiento de los mismos, sea considerado como objetivo y dirigido a reducir los riesgos inherentes del Proyecto.

Considerando los elementos de análisis mencionados, los límites del SA del Proyecto y criterios empleados para su delimitación quedaron de la siguiente manera. Cabe que el SA corresponde a una superficie de 409.25 ha (Figura 2.5).

- Al este, sureste, oeste y suroeste, se definieron como límites la carretera federal 307 Reforma Agraria – Puerto Juárez y la avenida Bosques de Cristo Rey, en concordancia con los límites establecido por el PPDU-J. Por sus dimensiones y características, estas infraestructuras de transporte per se, representa una discontinuidad muy marcada para los ecosistemas y/o unidades ambientales del sistema ambiental donde se localiza el Proyecto.

- Al noroeste y noreste se tomaron como limites los definidos por el PPDU-J, el cual, en su momento, para su delimitación, considero factores sociales, como ambientales abióticos y bióticos, así como los instrumentos de ordenamiento ecológico locales aplicables al lugar.

Figura 2.5. Representación gráfica del Proyecto en el marco del SA.



2.3.2. Representación Gráfica Local

Tal como se mencionó en el Apartado 2.2.3. Ubicación del Proyecto, éste se ubica a la altura del kilómetro 298 de la carretera Federal 307, Reforma Agraria – Puerto Juárez, en la zona norponiente de la ciudad de Playa del Carmen, Municipio de Solidaridad en el Estado de Quintana Roo. Asimismo, se inserta en los Lotes 13 y 32 del macroproyecto autorizado Ciudad Mayakoba, ambos lotes cuantifican en su totalidad una superficie de 10.64 ha. En la Figura 2.6 se puede observar la ubicación local de cada uno de los elementos que componen el Proyecto.

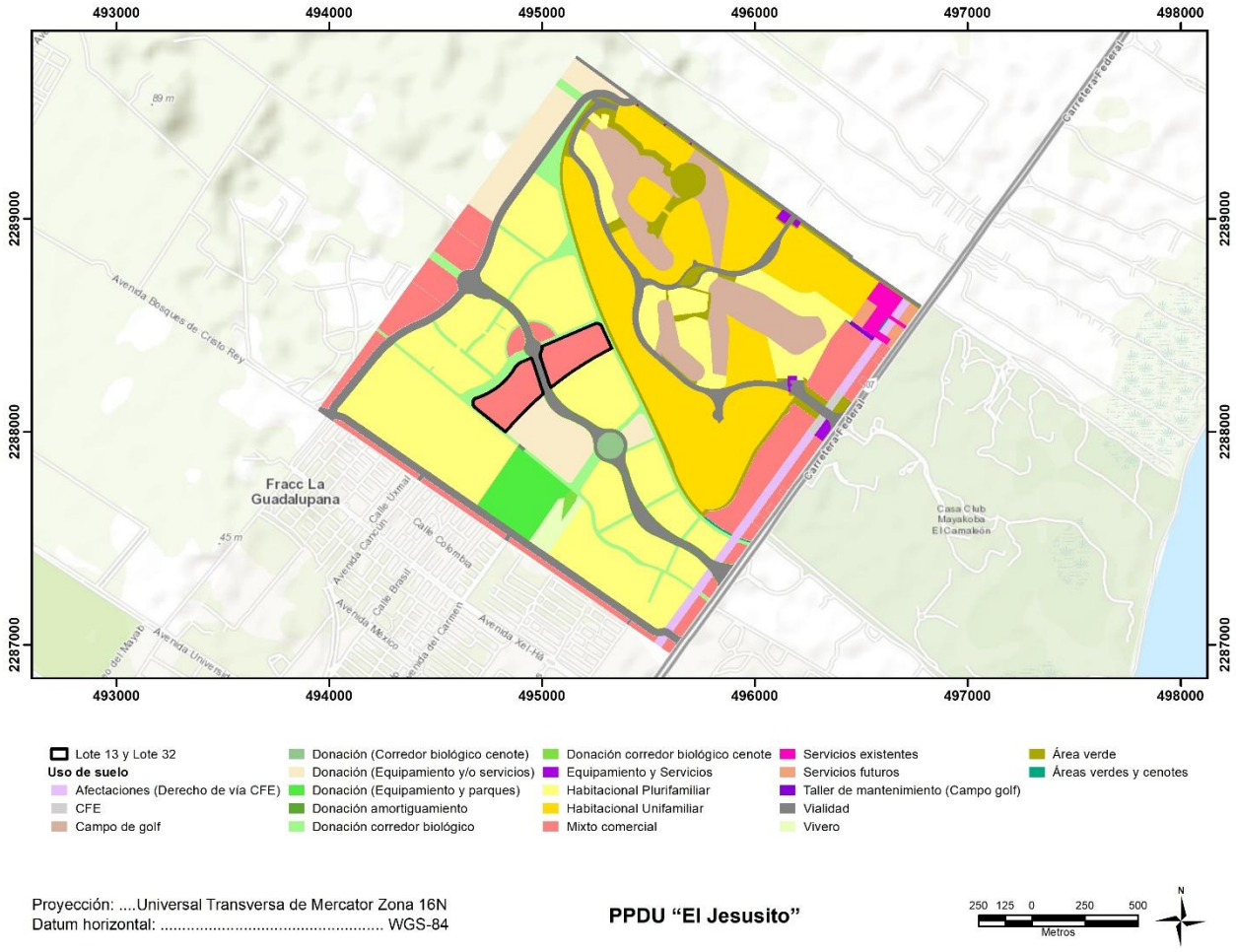
Figura 2.6. Representación gráfica local del Proyecto.



2.3.3. Uso Actual del Suelo

El lugar donde se desarrollará el Proyecto se localiza al interior del macroproyecto Ciudad Mayakoba, que es regulado por el Programa Parcial de Desarrollo Urbano El Jesusito (PPDU-J) (Figura 2.7), el cual establece las normas generales y restricciones de edificación para cada uno de los usos de suelo considerados. Para mayor detalle en el Capítulo 3 se presenta la vinculación del Proyecto con el instrumento previamente mencionado. Cabe señalar que de acuerdo con lo establecido en el PPDU-J, el Proyecto cuenta con la pertinencia y factibilidad para su implementación.

Figura 2.7. Ubicación del Proyecto respecto del PPDU-J.



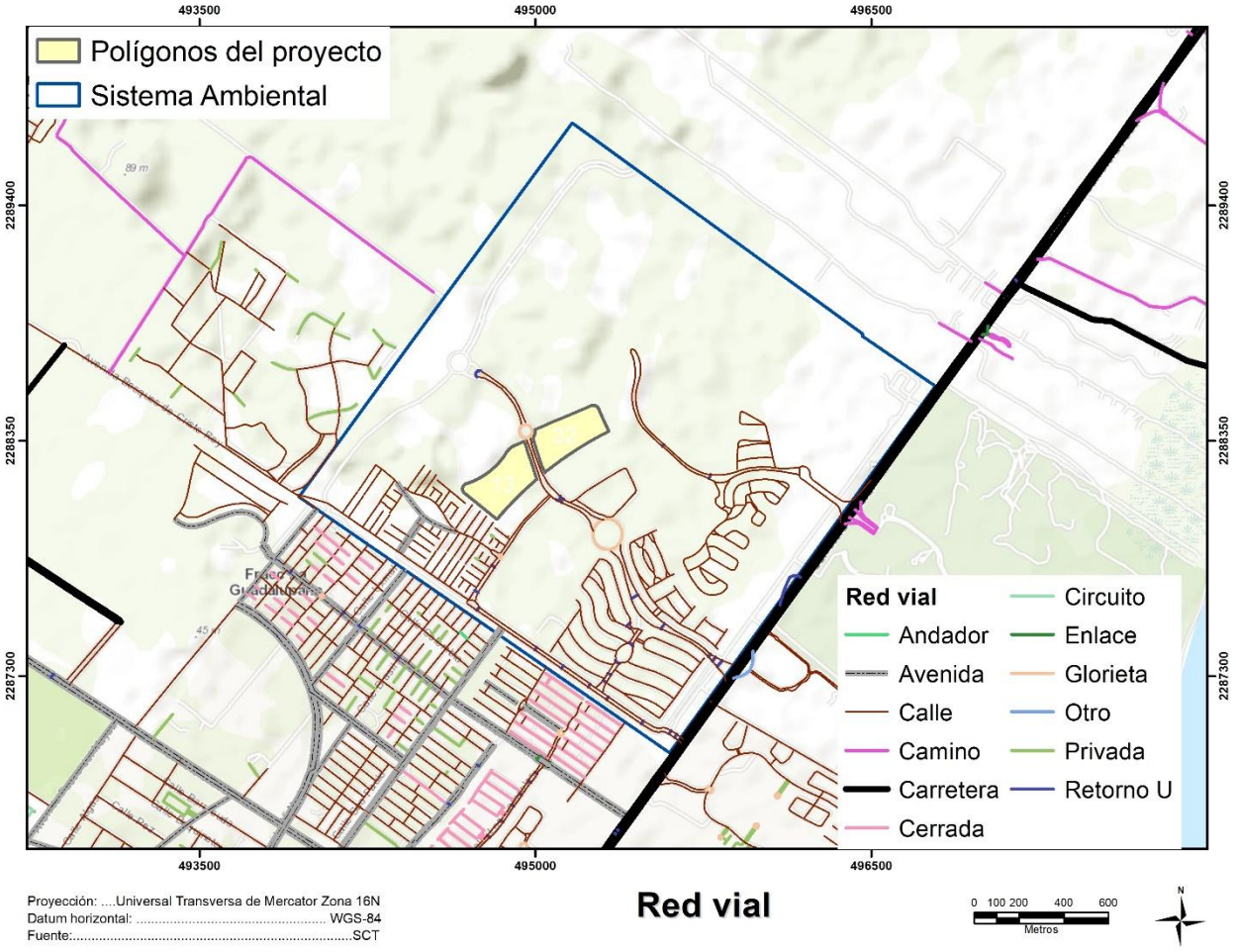
2.3.4. Urbanización del Área y Descripción de los Servicios Requeridos

Debido a que el Proyecto se inserta al interior del macroproyecto Ciudad Mayakoba ya en operación, cuenta con la infraestructura de servicios requerida para su funcionamiento, tales como energía eléctrica, vialidades, agua potable, drenaje sanitario, telefonía e internet y servicio de recolección de residuos.

Vías de acceso:

El acceso al Proyecto se realizará por vía terrestre, a través de la carretera Federal 307 Chetumal – Puerto Juárez; a la altura del kilómetro 298, se observa la entrada principal de Ciudad Mayakoba, vialidad por donde se deberá acceder al predio del Proyecto (Figura 2. 8).

Figura 2. 8. Vía de acceso al Proyecto.



Suministro de servicios requeridos:

- Energía eléctrica: Durante las etapas de preparación y construcción del Proyecto, la obtención de la energía se hará a través de generadores de gasolina para la oficina de campo. Durante la operación del Proyecto, el abastecimiento de energía se hará a través de la Comisión Federal de Electricidad (CFE). El consumo diario se estima en 0.832 kW/día que implica una demanda de suministro de CFE de 0.66 MW.

Etapa	Consumo mensual (Kwh)	Consumo anual (Kwh)
Preparación	20	240.00
Construcción	23.29	279.48
Operación	25.37	303.38
Total	**68.66**	**1885.24**

- Agua potable: Durante las etapas de preparación y construcción del Proyecto, el agua potable se obtendrá a través de pipas. Durante la operación y mantenimiento, el suministro será proporcionado por la red general de Aguakan. El consumo diario se estima en 230 l/hab-día, por lo tanto, se estiman 17.10 m^3/diarios en punta. Cada vivienda contará con su depósito de agua. En el Anexo 2.1 y Anexo 2.2, se presenta la factibilidad otorgada por Aguakan a todo el Plan Maestro Mayakoba, en donde está considerado el consumo de agua de las viviendas que integran este Proyecto.

- Aguas residuales: Durante las etapas de preparación y construcción, se estima la generación de los 4,200 l de aguas residuales los primeros 10 meses. Las aguas residuales que se generen en la etapa de operación serán enviadas a la red de drenaje municipal. Para la primera etapa del Proyecto, se estima una generación de 139 m^3 por día, volumen que irá aumentando hasta llegar a los 695 m^3 por día en la última etapa.

- Gas: Para la etapa de operación y mantenimiento del Proyecto, el combustible que será utilizado dentro de las viviendas será el gas estacionario (gas LP), del cual se estima un consumo medio de 1.5 l/hab*día, lo que implicará un consumo de 200 l/vivienda*mes, esto es, 30,000 litros por fase al mes, hasta alcanzar en punta, los 150,000 litros por mes.

  Los depósitos de gas serán de 10,000 l, y estarán ubicados en proporción de 1.5 tanques por edificio. Al respecto, cabe destacar que no se requiere de la presentación de un estudio de riesgo toda vez que no sobrepasan los 50,000 kg establecidos para ser considerada como actividad altamente riesgosa, de conformidad con el "*Acuerdo por el que las Secretarías de Gobernación y Desarrollo Urbano y Ecología, con fundamento en lo dispuesto por los Artículos 5o, Fracción X y 146 de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente; 27 Fracción XXXII y 37 Fracciones XVI y XVII de la Ley Orgánica de la Administración Pública Federal, expiden el segundo listado de actividades altamente riesgosas*".

2.4. Características Particulares del Proyecto

El Proyecto consiste en la construcción de infraestructura habitacional y comercial, y está conformado por 25 torres (edificios) en las que se distribuirán 920 viviendas y lotes comerciales, además contará con vialidades, estacionamientos, andadores, casetas, bodegas y áreas verdes.

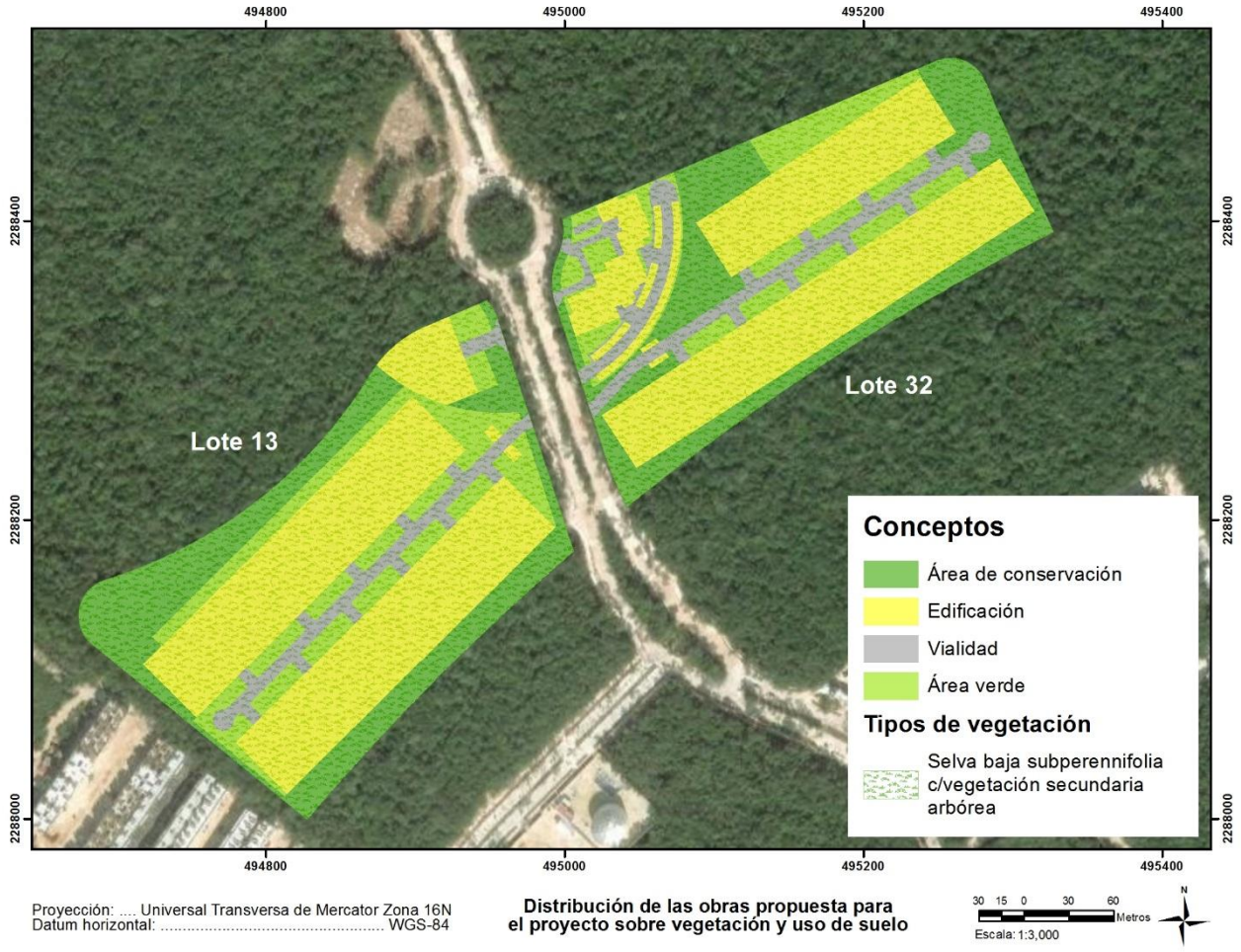
El Proyecto se desarrollará sobre una superficie total de 7.98 hectáreas, lo que representa el 75% del área destinada a uso de suelo mixto comercial. El 25% restante, equivalente a 2.66 hectáreas, será destinado a conservación, conforme a los criterios establecidos en el Plan Parcial de Desarrollo Urbano El Jesusito (PPDU-J). Esta distribución espacial se ilustra en la Figura 2. 9.

Figura 2. 9. Distribución de las superficies de aprovechamiento y conservación del Proyecto.



El tipo de vegetación que será afectado por la implementación del Proyecto corresponde con selva mediana subperennifolia / vegetación secundaria arbórea (SMS/VSA) que representa el 100% de la cobertura de este tipo de vegetación en el Proyecto. En la Figura 2. 10 se presenta la distribución de las obras respecto del único tipo de vegetación registrado en el Proyecto.

Figura 2. 10. Distribución de las superficies de aprovechamiento del Proyecto respecto de la SMS/VSA.

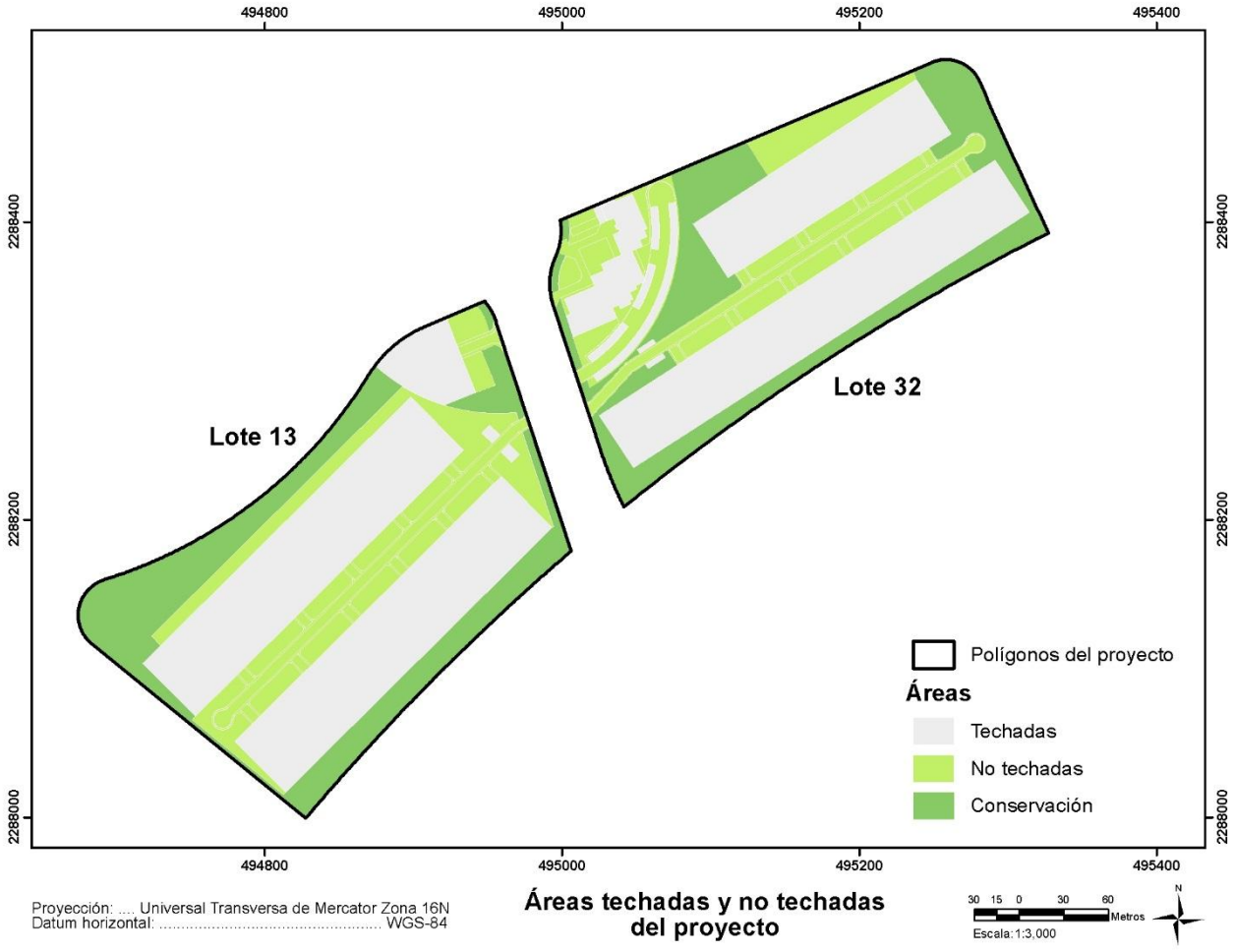


De las 7.98 ha de aprovechamiento que considera el Proyecto, el 48.15%, equivalentes a 5.12 ha, serán obras techadas, mientras que el 26.85%, equivalentes a 2.86 ha, corresponderán con obras no techadas (Tabla 2. 6). Su distribución se muestra en la Figura 2. 11.

Tabla 2. 6. Superficie de obras techadas, no techadas y de conservación para el Proyecto.

Área techada			
Tipo de área	**Superficie ha**	**Superficie m²**	**Superficie %**
Torres (edificios)	5.10	50,991.11	47.92
Casetas	0.01	124.89	0.12
Bodegas	0.01	122.59	0.12
Total, techada	**5.12**	**51238.59**	**48.15**
Área no techada			
Tipo de área	**Superficie ha**	**Superficie m²**	**Superficie %**
Andadores	0.32	3,188.82	3.00
Estacionamiento	0.11	1,145.02	1.08
Vialidades	0.68	6,830.80	6.42
Espejo de agua	0.01	79.51	0.07
Áreas verdes	1.73	17,320.87	16.28
Total, de no techada	**2.86**	**28565.03**	**26.85**
Área de conservación			
Tipo de área	**Superficie ha**	**Superficie m²**	**Superficie %**
Área de conservación	2.66	26,601.36	25.00
Total, de conservación	**2.66**	**26601.36**	**25.00**
Total, general	**10.64**	**106404.97**	**100**

Figura 2. 11. Distribución en el Proyecto de obras techadas y no techadas.



El Proyecto contará con una superficie permeable de 4.39 ha, que equivalen al 41.28% de la superficie total del Proyecto, de las cuales 2.66 ha corresponden a las áreas de conservación y 1.73 ha a áreas verdes. Por otra parte, 6.25 ha serán áreas no permeables. Esta distribución se muestra en la Figura 2. 12.

Figura 2. 12. Distribución en el Proyecto de las áreas permeables y no permeables.



2.4.1. Cambio de Uso de Suelo en Terrenos Forestales

Para la ejecución del Proyecto, se solicita el cambio de uso de suelo en terrenos forestales (CUSTF) por una superficie de 7.98 ha. La huella sujeta a CUSTF se muestra en la Figura 2. 13.

Figura 2. 13. Área sujeta a CUSTF.



Como ya fue mencionado, el 100% del área sujeta a CUSTF, corresponde con selva mediana subperennifolia / vegetación secundaria arbórea (Figura 2. 10). En el Anexo 2.3, se presenta la lista de coordenadas correspondientes al área de CUSTF.

2.4.2. Obras del Proyecto

2.4.2.1. Torres (edificios)

El Proyecto tiene considerada la construcción de 25 torres, las cuales en conjunto ocuparán una superficie de 5.10 ha (50,991.11 m^2) (Tabla 2. 7). El diseño de 24 de las 25 torres será similar, éstas contarán con diez (10) niveles y albergarán una densidad total de 920 viviendas. El diseño de una (1) de las torres, considerará la construcción de tres niveles, que estarán destinados en su totalidad a alojar lotes comerciales.

Tabla 2. 7. Superficie que ocuparán las torres por lote y etapa.

Concepto/elemento	Lote	Superficie	
		m²	ha
Fase A			
Torre	13	2,296.52	0.23
Torre	32	2,268.19	0.23
Fase B			
Torres	13	25,116.50	2.51
Torres	32	21,309.90	2.13
Total		**50991.11**	**5.10**

- **Fase A (Lote 13 y Lote 32)**

La Fase A del Proyecto, estará conformada por dos (2) torres, ubicadas una en el Lote 13 y otra en el Lote 32 (Figura 2. 14).

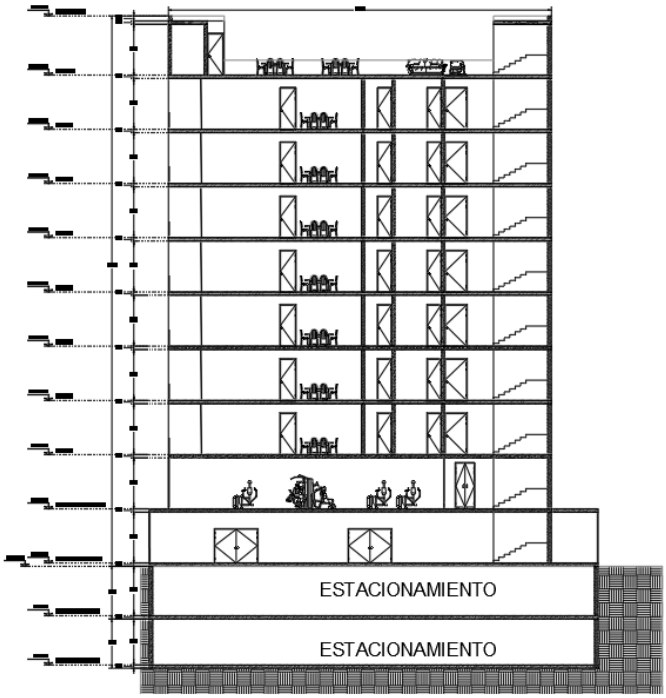
Figura 2. 14. Distribución de las torres en los Lotes 13 y 32, que conforman la Fase A.



Lote 13

La torre localizada en el Lote 13 contará con siete (7) niveles de departamentos, dos (2) niveles de áreas comunes y un (1) nivel de área comercial (Figura 2. 15). Aunado a lo anterior, esta torre contará con dos estacionamientos subterráneos, cada uno con una superficie de 3,931.95 m^2.

Figura 2. 15. Corte general de la torre en el Lote 13.



El primer nivel (planta baja) estará conformada por un área comercial, que contará con una superficie de 2,296.52 m^2. En el siguiente Cuadro 2. 1 se muestra la planta tipo y la tabla de áreas totales de dicho espacio.

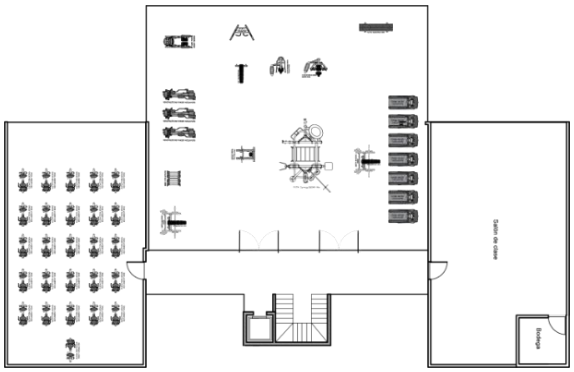
Cuadro 2. 1. Planta tipo y tabla de áreas totales: área comercial.



Locales Comerciales - Lote 13	
Concepto	**m^2**
Local A	354.44
Local B	182.64
Local C	139.76
Local D	146.60
Local E	186.07
Local F	207.06
Local G	234.40
Local H	239.60
Pasillos	310.06
Escaleras/elevador	295.89
Total	**2,296.52**

El segundo nivel contará con un área de gimnasio, como espacio de áreas comunes para el uso de los residentes. La planta tipo y tabla de áreas totales de dicho espacio, se presentan en el Cuadro 2. 2.

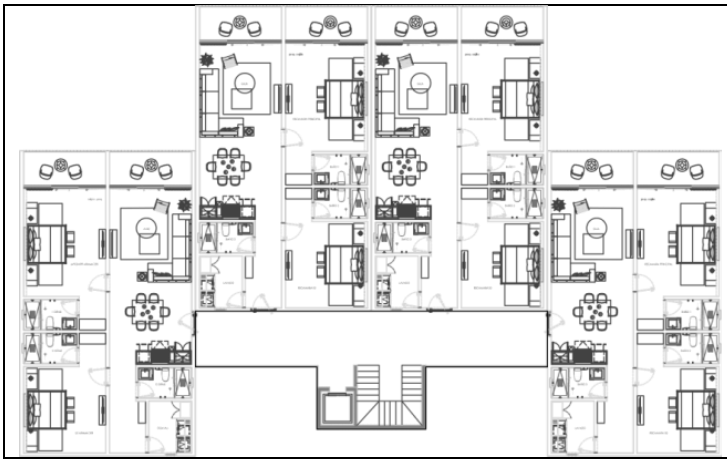
Cuadro 2. 2. Planta tipo y tabla de áreas totales: área de gimnasio.



Gimnasio	
Concepto	**m²**
Salón de spinning	163.00
Área de máquinas	325.94
Salón de clases	150.05
Bodega	12.93
Pasillos	59.50
Elevador/escalera	20.58
Total	**732.00**

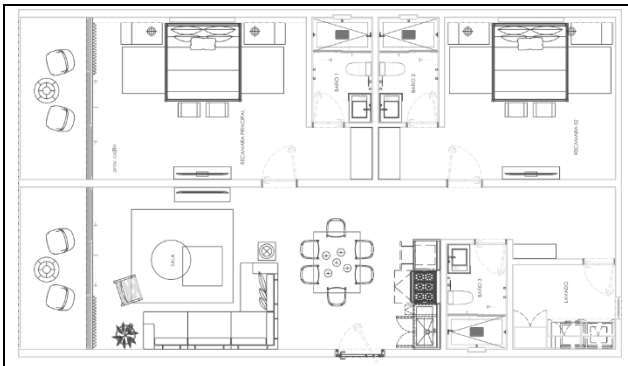
Los niveles de departamento (3 a 9), contarán con dos tipos de diseño: departamento normal y tipo lock off. El número máximo de departamentos que alojará esta torre será de 42. Cada nivel contará seis (6) departamentos y un área de circulación. En ambos diseños la superficie de construcción de cada departamento será de 163 m^2 y el área de circulación corresponderá a 80 m^2. En los siguientes Cuadro 2. 3, Cuadro 2. 4 y Cuadro 2. 5, se presentan la planta prototipo por nivel del departamento normal y lock off y la tabla de áreas por departamento.

Cuadro 2. 3. Planta prototipo de los departamentos y área de circulación por nivel.



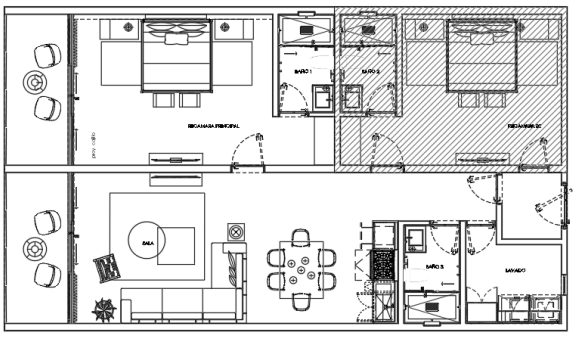
Circulación - Lote 13	
Concepto	**m²**
Elevador/escalera	20.58
Pasillo	59.42
Total	**80.00**

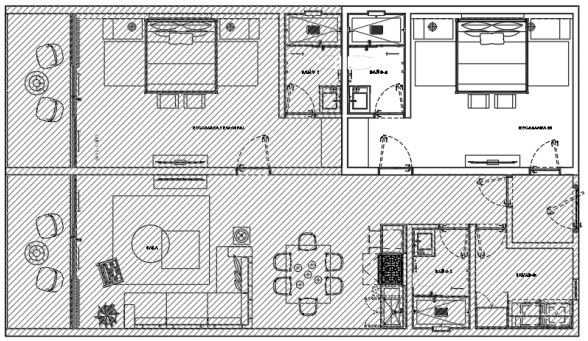
Cuadro 2. 4. Planta arquitectónica departamento normal y tabla de áreas por departamento.



Departamento Normal – Lote 13	
Concepto	**m²**
Sala/comedor/cocina	46.65
Baño 3	6.68
Recamara 2	27.52
Baño 2	6.14
Recamara 1	33.72
Baño 1	6.63
Pasillo	8.92
Lavado	8.32
Terrazas	18.42
Total	**163.00**

Cuadro 2. 5. Planta arquitectónica departamento lock off y tabla de áreas por departamento.

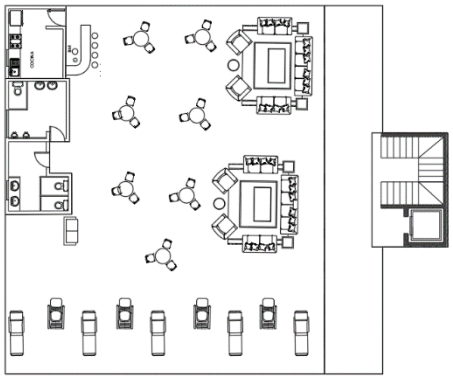


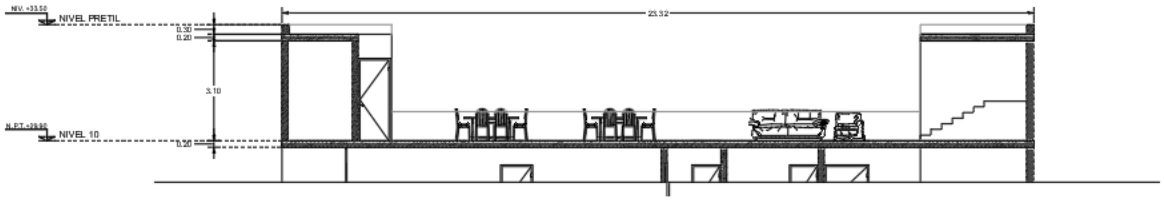


Departamento Lock Off – Lote 13	
Concepto	**m²**
Sala/comedor/cocina	46.65
Baño 3	6.68
Recamara 2	27.52
Baño 2	6.14
Recamara 1	33.72
Baño 1	6.63
Pasillo + acceso	8.92
Lavado	8.32
Terrazas	18.42
Total	**163.00**

Con el propósito de crear espacios recreativos y sociales, el nivel 10 de la torre en el Lote 13 contará con un área común para el uso de los residentes, denominada Roof Top. La planta tipo y tabla de áreas totales de dicho espacio se presentan en el Cuadro 2. 6.

Cuadro 2. 6. Planta tipo y tabla de áreas totales: Roof Top.





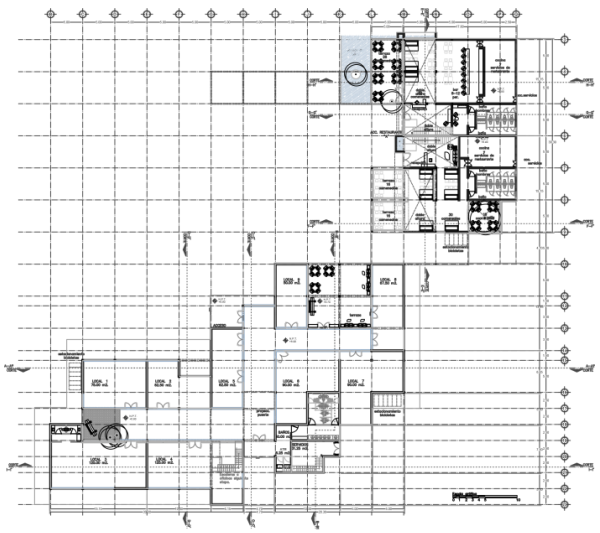
Roof Top	
Concepto	**m²**
Área social	231.00
Área de servicio	14.04
Baños	22.73
Elevador/escalera	24.00
Pasillo	56.07
Total	**347.84**

Lote 32

La torre localizada en el Lote 32 contará con tres (3) niveles y dos (2) módulos (A y B), de locales comerciales, oficinas, restaurantes y roof garden. En el siguiente Cuadro 2. 7 se presentan las plantas por nivel y tablas de áreas de los módulos A y B.

Cuadro 2. 7. Plantas por nivel y tablas de áreas de los módulos A y B.

Nivel 1 – Módulos A y B

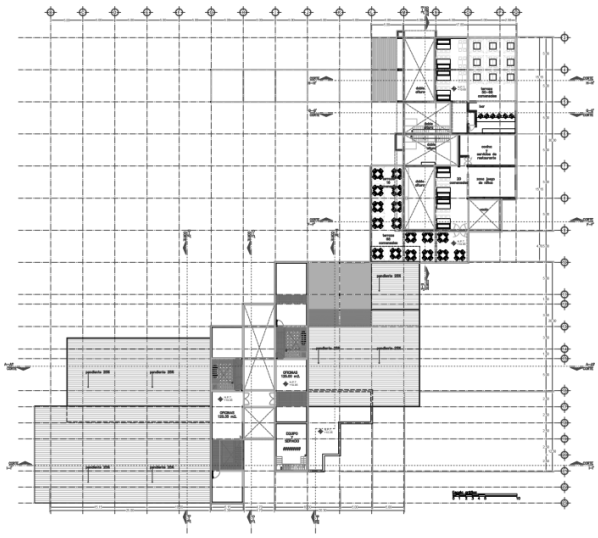


Lote 32 - Nivel 1 - Módulo A	
Concepto	**m²**
Local 1	79.17
Local 2	65.88
Local 3	116.80
Local 4	131.42
Local 5	67.05
Local 6	94.50
Local 7	95.73
Local 8	72.35
Local 9	54.59
Baños	63.90
Circulaciones/pasillos	284.54
Servicios	39.75
Terraza	99.90
Proyección de losa	303.01
Total	**1568.59**

Lote 32 - Nivel 1 - Módulo B	
Concepto	**m²**
Terrazas	103.06
Área de comensales/bar	263.25

Cocina/servicios	98.16
Baños	71.82
Recepción	95.57
Proyección de losa	74.20
Circulaciones/pasillos	9.25
Total	**715.31**

Nivel 2 – Módulos A y B



Lote 32 - Nivel 2 - Módulo A	
Concepto	**m²**
Oficinas	206.69
Terrazas	33.84
Circulaciones/pasillos	36.19
Equipo/servicio	39.75
Estructura	8.10
Total	**324.57**

Lote 32 - Nivel 2 - Módulo B	
Concepto	**m²**
Terrazas	304.56
Cocina/bar	48.76
Comensales	51.00
Zona de juegos	39.39
Estructura	28.42
Circulaciones/Pasillos	14.15
Total	**486.28**

Nivel 3 – Módulo A

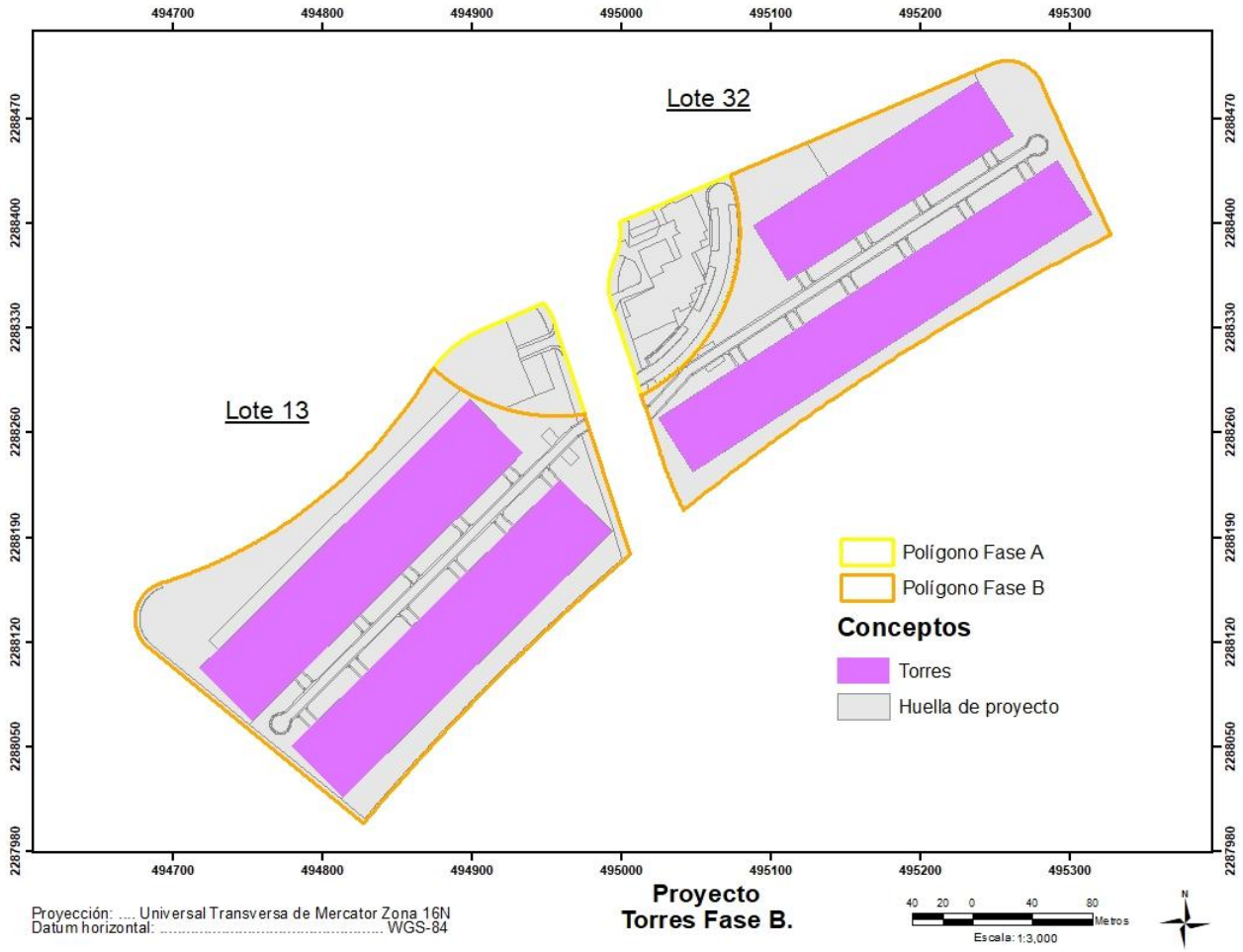


Lote 32 - Nivel 3 - Módulo A	
Concepto	**m²**
Roof garden	138.86
Circulación/Pasillos	15.98
Estructura	2.82
Total	**157.66**

- **Fase B (Lote 13 y Lote 32)**

La Fase B del Proyecto, estará conformada por 23 torres, ubicadas 12 en el Lote 13 y 11 en el Lote 32 (Figura 2. 16).

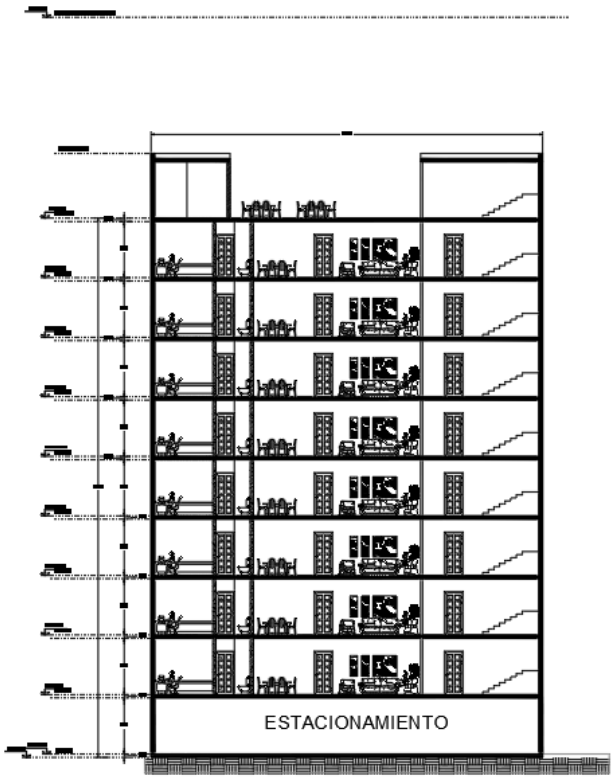
Figura 2. 16. Distribución de las torres en los Lotes 13 y 32, que conforman la Fase B.



Lote 13

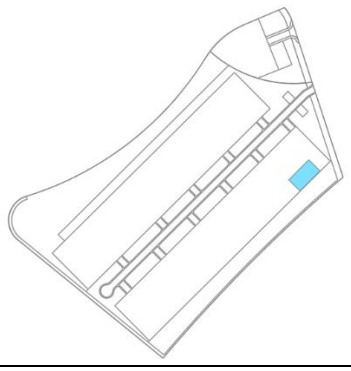
Las 12 torres localizadas en el Lote 13 contarán con ocho (8) niveles de departamentos, un (1) nivel de estacionamiento techado y amenidades y, un (1) nivel de áreas comunes (Figura 2. 17).

Figura 2. 17. Corte general de las torres en el Lote 13.



El primer nivel (planta baja) contará con una superficie de 25,116.50 m^2 y estará conformada por el área de estacionamiento techado y un espacio recreativo y social (área común) con amenidades tales como alberca, bar, baños, etc. La planta tipo y tabla de áreas totales de dicho espacio, se presentan en el Cuadro 2. 8.

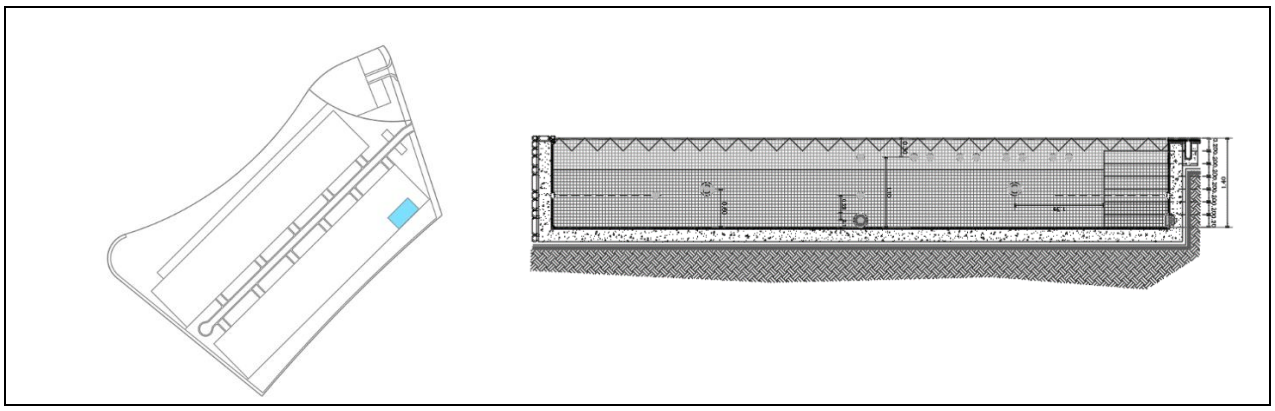
Cuadro 2. 8. Planta tipo y tabla de áreas totales de la planta baja en el Lote 13.



Planta Baja – Lote 13	
Concepto	**m^2**
Estacionamiento	26183.63
Amenidades	4554.53
Total	30738.16

La superficie que ocupará la alberca de los 25,116.50 m^2 del primer nivel, corresponde a 439.32 m^2, equivalente a 1.74% de esa superficie. Su ubicación y corte tipo se presentan en el siguiente Cuadro 2. 9.

Cuadro 2. 9. Ubicación y corte tipo de la alberca del primer nivel en el Lote 13.

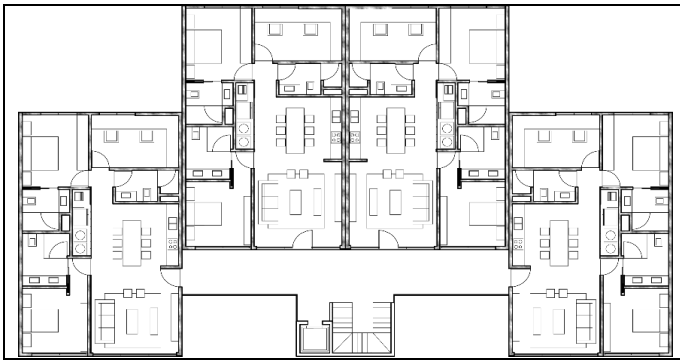


Los niveles de departamento (2 a 9), contarán con dos tipos de diseño: Departamento normal y tipo lock off. El número máximo de departamentos que alojarán las 12 torres será de 477. El número de departamentos por nivel, para las torres prototipo, se presenta en la siguiente Tabla 2. 8. En ambos diseños la superficie de construcción de cada departamento será de 160 m^2 y el área de circulación corresponderá a 84 m^2. En los siguientes Cuadro 2. 10, Cuadro 2. 11 y Cuadro 2. 12, se presentan la planta prototipo por nivel del departamento normal y lock off y la tabla de áreas por departamento.

Tabla 2. 8. Departamentos por nivel, para las torres prototipo.

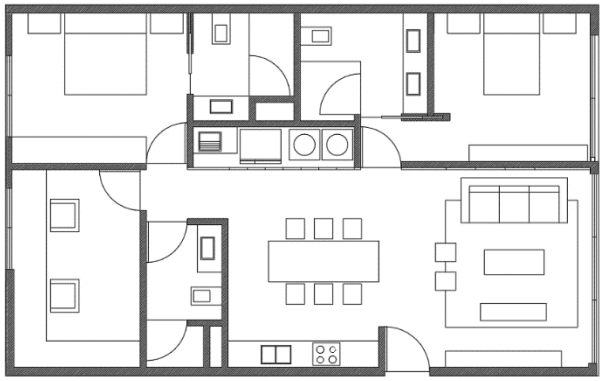
	Nivel	No. de departamentos	No. de torres con estas características	Total, de departamentos para 11 torres
Torre prototipo 1	9	2	11	440
	8	3		
	7	5		
	6	6		
	5	6		
	4	6		
	3	6		
	2	6		
Departamentos por torre		**40**		
	Nivel	**No. de departamentos**	**No. de torres con estas características**	**Total, de departamentos para 1 torre**
Torre prototipo 2	9	2	1	37
	8	3		
	7	4		
	6	4		
	5	4		
	4	4		
	3	8		
	2	8		
Departamentos por torre		**37**		
Total, de departamentos para las 12 torres				**477**

Cuadro 2. 10. Planta prototipo de los departamentos y área de circulación por nivel.



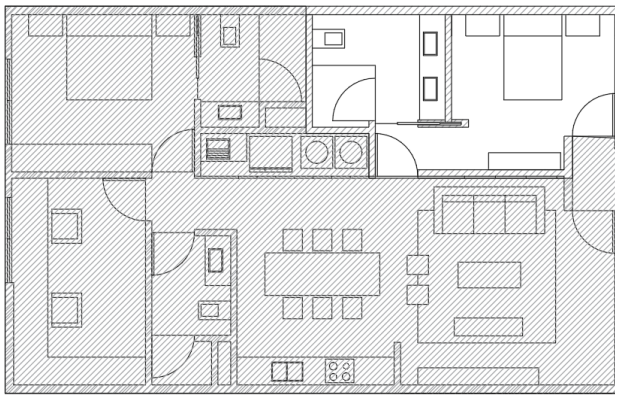
Circulación – Lote 13	
Concepto	**m²**
Elevador/escalera	24.00
Pasillo	60.00
Total	**84.00**

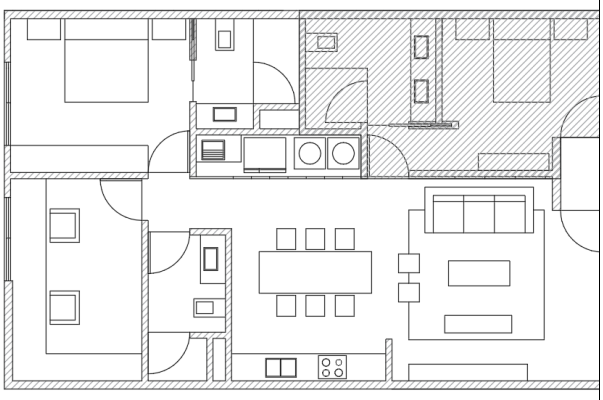
Cuadro 2. 11. Planta arquitectónica departamento normal y tabla de áreas por departamento.



Departamento Normal – Lote 13	
Concepto	**m²**
Sala	33.31
Comedor/cocina	23.51
1/2 Baño	6.18
Bodega	3.16
Estudio	20.95
Pasillo	3.00
Recamara 1	21.35
Baño 1	9.50
Baño 2	11.81
Recamara 2	21.6
Lavado	5.63
Total	**160.00**

Cuadro 2. 12. Planta arquitectónica departamento lock off y tabla de áreas por departamento.



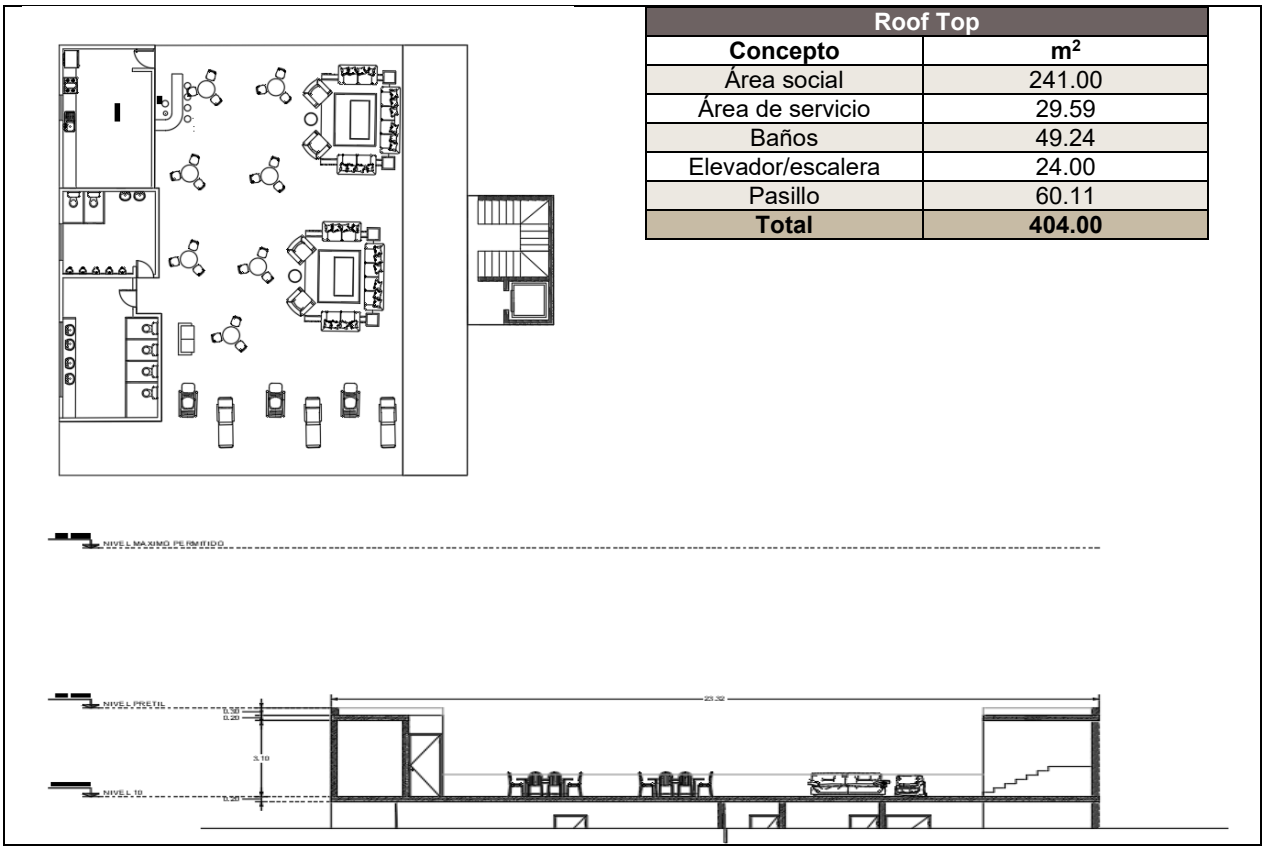


Departamento Lock Off – Zona Lote 13 B	
Concepto	**m²**
Sala	33.18
Comedor/cocina	22.67
1/2 Baño	6.01

Bodega	3.31
Estudio	21.1
Pasillo	2.9
Recamara 1	19.45
Baño 1	12.69
Baño 2	9.02
Recamara 2	22.49
Lavado	5.92
Total	**160**

Con el propósito de crear espacios recreativos y sociales, el nivel 10 de las torres en el Lote 13 contará con un área común para el uso de los residentes, denominada Roof Top. La planta tipo y tabla de áreas totales de dicho espacio, se presentan en el Cuadro 2. 13.

Cuadro 2. 13. Planta tipo y tabla de áreas totales: Roof Top.

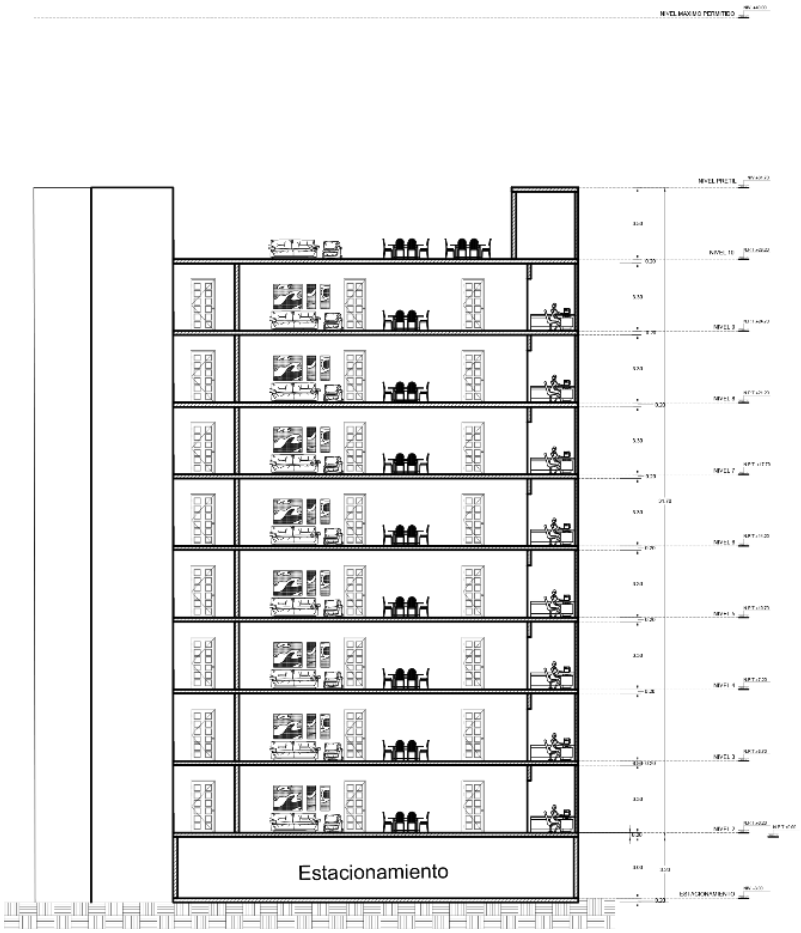


Roof Top	
Concepto	**m²**
Área social	241.00
Área de servicio	29.59
Baños	49.24
Elevador/escalera	24.00
Pasillo	60.11
Total	**404.00**

Lote 32

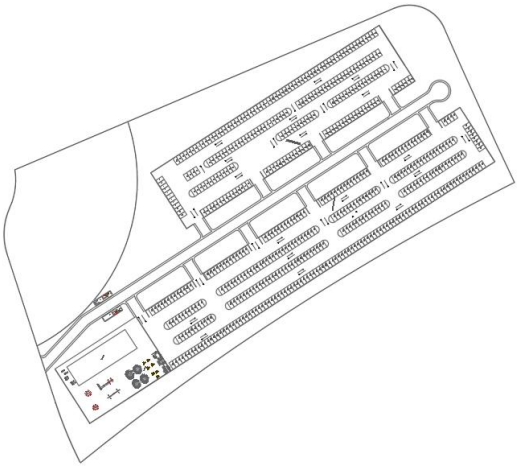
Las 11 torres localizadas en el Lote 32 contarán con ocho (8) niveles de departamentos, un (1) nivel de estacionamiento techado y amenidades y, un (1) nivel de áreas comunes (Figura 2. 18).

Figura 2. 18. Corte general de las torres en zona Lote 32.



El primer nivel (planta baja) contará con una superficie de 21,309.90 m^2 y estará conformada por el área de estacionamiento techado y un espacio recreativo y social (área común) con amenidades tales como alberca, bar, baños, etc. La planta tipo y tabla de áreas totales de dicho espacio, se presentan en el Cuadro 2. 14.

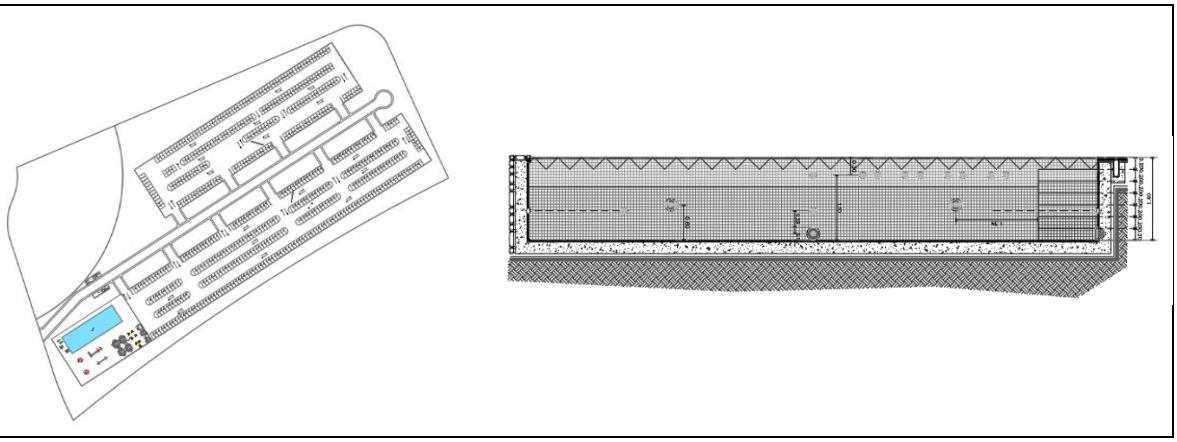
Cuadro 2. 14. Planta tipo y tabla de áreas totales de la planta baja en el Lote 32.



Planta Baja – Lote 32	
Concepto	**m²**
Estacionamiento	18,602.51
Amenidades	2,707.60
Total	**21,310.11**

La superficie que ocupará la alberca de los 21,309.90 m^2 del primer nivel, corresponde a 667.39 m^2, equivalente a 3.13% de esa superficie. Su ubicación y corte tipo se presentan en el siguiente Cuadro 2. 15.

Cuadro 2. 15. Ubicación y corte tipo de la alberca del primer nivel en el Lote 32.



Los niveles habitacionales del Proyecto, comprendidos entre los pisos 2 y 9, estarán conformados por dos tipologías de diseño: departamento estándar y departamento tipo lock-off.

En total, las 11 torres contempladas podrán albergar hasta 401 unidades habitacionales. La distribución de departamentos por nivel, correspondiente a las torres prototipo, se detalla en la Tabla 2. 9.

Ambos diseños presentan una superficie de construcción de 168 m² por unidad, complementada por un área de circulación de 84 m². Las características arquitectónicas y espaciales de cada tipología se ilustran en los Cuadro 2. 16, Cuadro 2. 17 y Cuadro 2. 18, donde se incluyen las plantas prototipo por nivel, los esquemas de distribución para cada tipo de departamento y la tabla de áreas correspondientes.

Tabla 2. 9. Departamentos por nivel, para las torres prototipo.

	Nivel	No. de departamentos	No. de torres con estas características	Total, de departamentos para 11 torres
Torre prototipo 1	9	2	10	360
	8	2		
	7	3		
	6	5		
	5	6		
	4	6		
	3	6		
	2	6		
Departamentos por torre		36		
	Nivel	No. de departamentos	No. de torres con estas características	Total, de departamentos para 1 torre
Torre prototipo 2	9	4	1	41
	8	4		
	7	4		
	6	5		
	5	6		
	4	6		
	3	6		
	2	6		
Departamentos por torre		37		
Total, de departamentos para las 11 torres				401

Cuadro 2. 16. Planta prototipo de los departamentos y área de circulación por nivel.



Circulación – Lote 32	
Concepto	**m²**
Elevador/escalera	24.00
Pasillo	60.00
Total	**84.00**

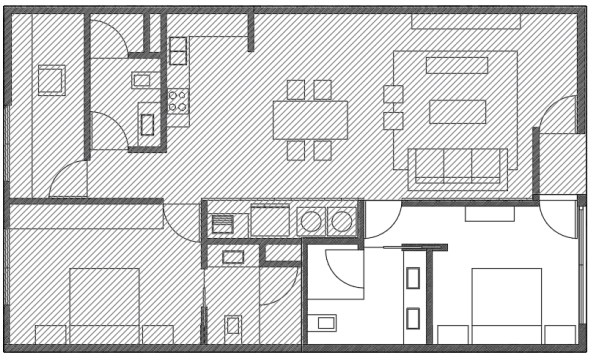
Cuadro 2. 17. Planta arquitectónica departamento normal y tabla de áreas por departamento.



Departamento Normal – Lote 32	
Concepto	**m²**
Sala/comedor/cocina	67.27
1/2 Baño	6.01
Ducto	3.31
Estudio	13.84
Pasillo	2.90
Recamara 1	26.05
Baño 1	9.02
Baño 2	11.25
Recamara 2	22.37
Lavado	5.98
Total	**168.00**

Cuadro 2. 18. Planta arquitectónica departamento lock off y tabla de áreas por departamento.

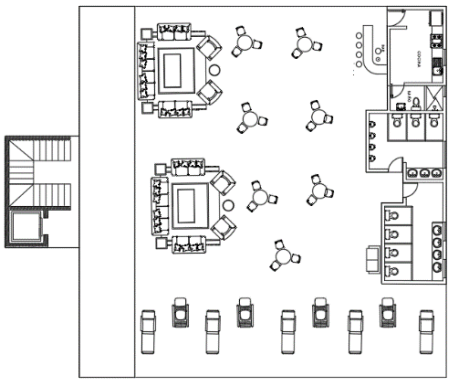


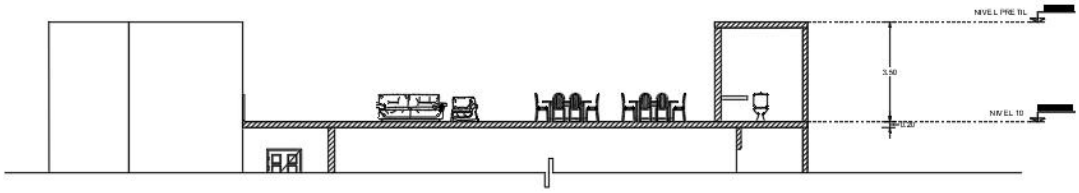


Departamento Lock Off – Lote 32	
Concepto	**m²**
Sala/comedor/cocina	67.27
1/2 Baño	6.01
Ducto	3.31
Estudio	13.84
Pasillo	2.90
Recamara 1	26.05
Baño 1	9.02
Baño 2	11.25
Recamara 2	22.37
Lavado	5.98
Total	**168.00**

Con el propósito de crear espacios recreativos y sociales, el nivel 10 de las torres en la zona Lote 32 Fase B contará con un área común para el uso de los residentes, denominada Roof Top. La planta tipo y tabla de áreas totales de dicho espacio, se presentan en el Cuadro 2. 19.

Cuadro 2. 19. Planta tipo y tabla de áreas totales: Roof Top.





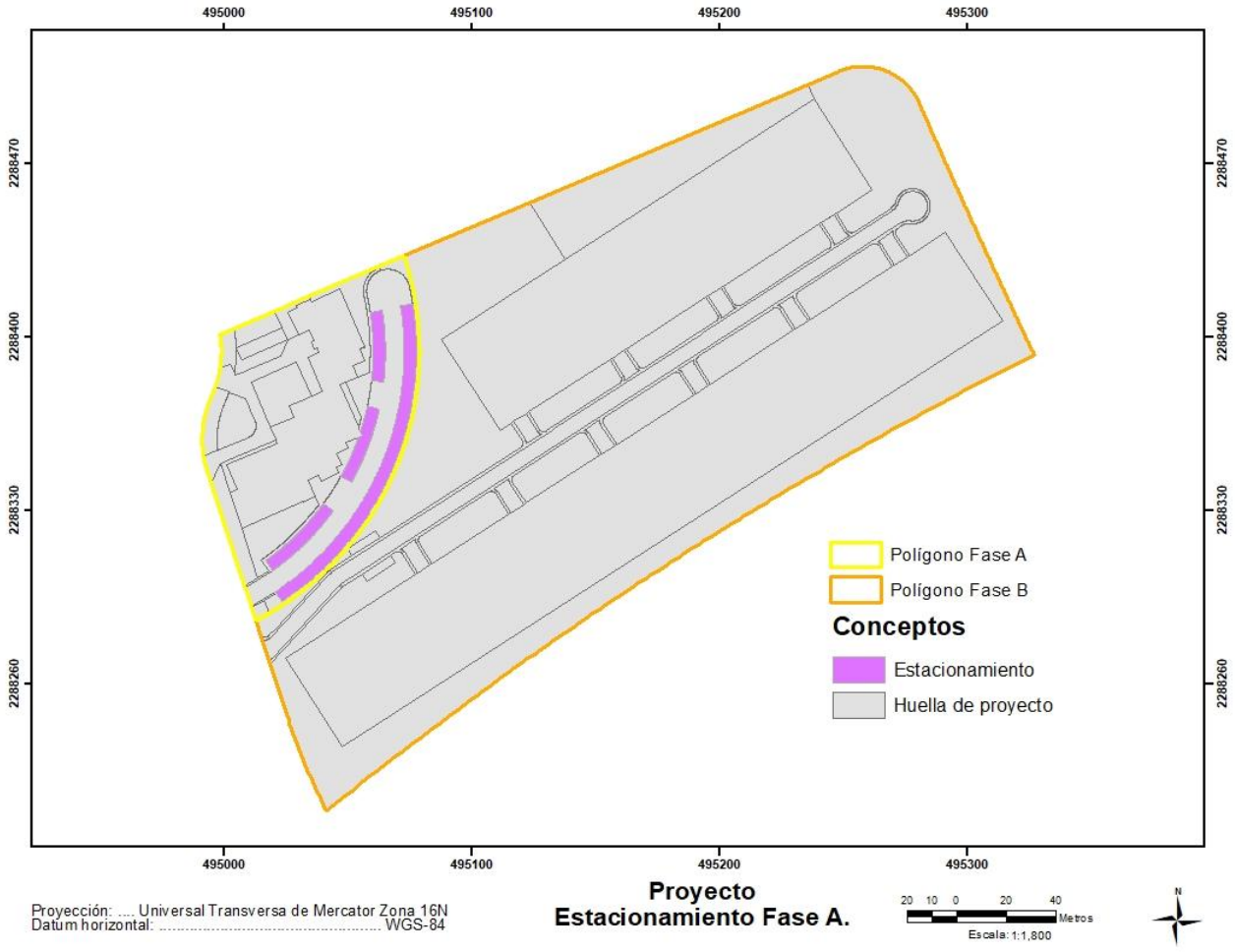
Roof Top	
Concepto	**m²**
Área social	284.46
Área de servicio	13.63
Baños	37.91
Elevador/escalera	24.00
Pasillo	60.00
Total	**420.00**

2.4.2.2. Estacionamiento

El Lote 32, para la Fase A, contará con un estacionamiento techado, para el uso de los visitantes a los locales comerciales, oficinas y restaurantes que alojará la torre ubicada en este lote.

Éste contará con una superficie de 1,145.02 m^2, en la siguiente Figura 2. 19, se presenta su ubicación.

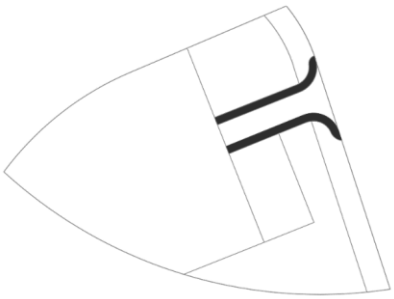
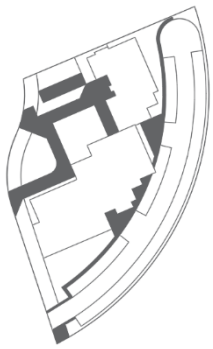
Figura 2. 19. Ubicación del estacionamiento no techado en el Lote 32.



2.4.2.3. Andadores

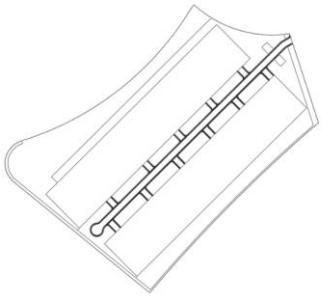
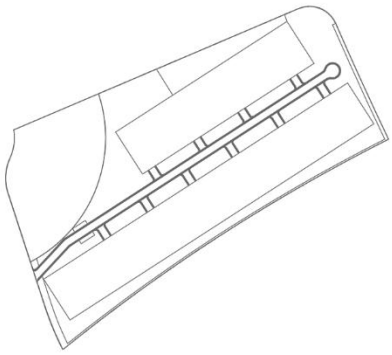
Los andadores que considera realizar el Proyecto serán no techados, estos conectarán las torres con los jardines, áreas de conservación, amenidades y vialidades. Tendrán una superficie 3,188.82 m^2. En los siguientes Cuadro 2. 20 y Cuadro 2. 21 se presenta su distribución y superficie por fase.

Cuadro 2. 20. Fase A: Distribución y tabla de superficies de los andadores en el Lote 13 y 32.

Lote 13	Lote 32
	

Andadores	
Lote	**m^2**
13	131.55
32	1,143.81
Total	**1,275.36**

Cuadro 2. 21. Fase B: Distribución y tabla de superficies de los andadores en el Lote 13 y 32.

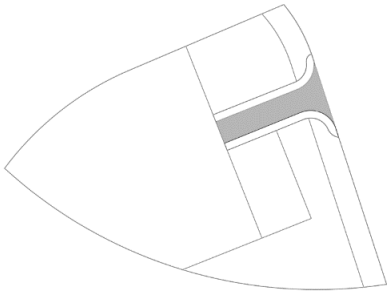
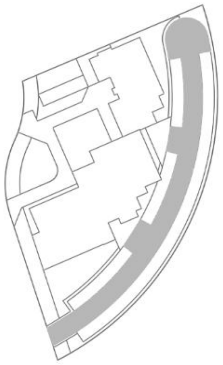
Lote 13	Lote 32
	

Andadores	
Lote	**m^2**
13	934.99
32	978.47
Total	**1,913.46**

2.4.2.4. Vialidades

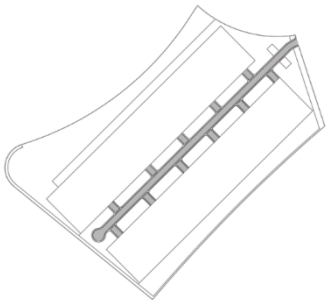
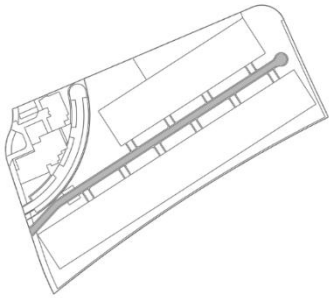
Este concepto incluye las obras que darán movilidad a los usuarios del Proyecto. Estos elementos ocuparán una superficie de 6,830.80 m^2 y se construirán con concreto hidráulico rayado, que será colocado sobre una capa de relleno de material granulado y compactado con 20 cm de espesor. En los siguientes Cuadro 2. 22 y Cuadro 2. 23 se presenta su distribución y superficie por fase. Cabe señalar que, se tiene considerado que las instalaciones de red primaria de agua potable, red de colectores primarios, banco de ductos y red de distribución (voz y datos), pasen por debajo de estas obras, tal y como se puede observar en la Figura 2. 20.

Cuadro 2. 22. Fase A: Distribución y tabla de superficies de las vialidades en el Lote 13 y 32.

Lote 13	Lote 32
	

Vialidades	
Lote	**m^2**
13	198.68
32	1,402.99
Total	**1,601.67**

Cuadro 2. 23. Fase B: Distribución y tabla de superficies de las vialidades en el Lote 13 y 32.

Lote 13	Lote 32
	

Andadores	
Zona	**m^2**
Lote 13 Fase B	2,553.03
Lote 32 Fase B	2,676.10
Total	**5,229.13**

Figura 2. 20. Ubicación de la red primaria de agua potable, red de colectores primarios, banco de ductos y red de distribución (voz y datos).



2.4.2.5. Casetas, Bodegas y Cuarto de Máquinas

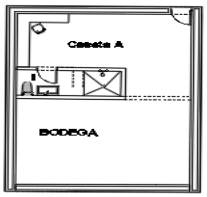
El Proyecto contará con áreas para regular el acceso al desarrollo. En ambos lotes (13 y 32) – sobre el eje de la vialidad principal – se contará con dos casetas para cada zona, una para el ingreso y otra para la salida (Figura 2. 21). En total, estas obras cuantifican una superficie de 247.48 m^2.

Figura 2. 21. Ubicación de las casetas en el Lote 13 y 32.



Tanto las casetas del Lote 13, como las del Lote 32, contarán con un espacio de bodega y cuarto de máquinas para el servicio y mantenimiento de las áreas verdes y comunes, así como un baño. La planta tipo y tabla de áreas totales se presentan en los Cuadro 2. 24 y Cuadro 2. 25.

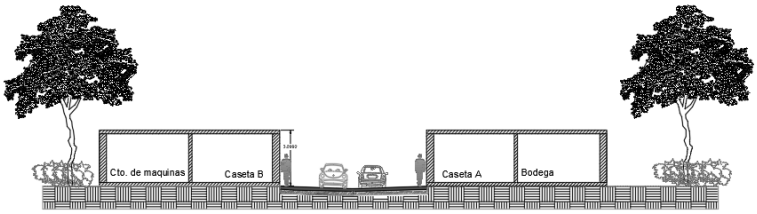
Cuadro 2. 24. Planta tipo y tabla de áreas totales de las casetas en el Lote 13.



Caseta A	
Concepto	**m²**
Caseta	30.16
Bodega	37.92
Baño	7.92
Total	**76.00**

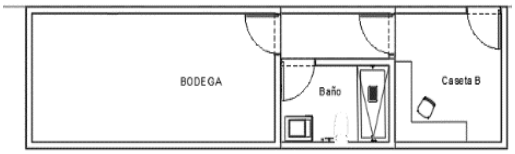


Caseta B	
Concepto	**m²**
Caseta	30.16
Cuarto de máquinas	37.92
Baño	7.92
Total	**76.00**



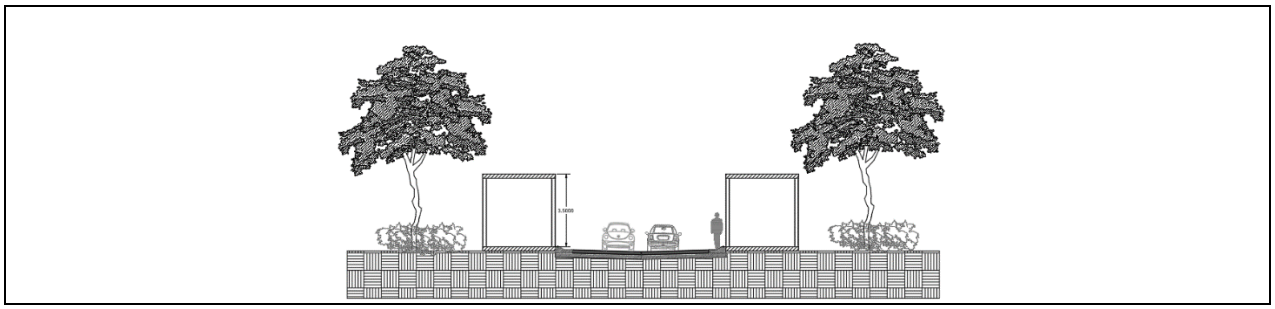
Cuadro 2. 25. Planta tipo y tabla de áreas totales de las casetas en el Lote 32.





Caseta A	
Concepto	**m²**
Caseta	11.40
Cuarto de máquinas	23.60
Baño	7.37
Circulación	4.24
Total	**46.61**

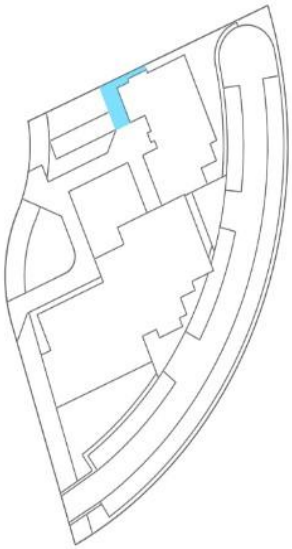
Caseta B	
Concepto	**m²**
Caseta	11.40
Bodega	25.90
Baño	7.37
Circulación	4.24
Total	**48.91**



2.4.2.6. Espejo de Agua

El Proyecto en su Fase A para el Lote 32 contará con un espejo de agua, que colindará con la torre proyectada para esa zona. La superficie de este concepto es de 79.51 m^2 y su ubicación se presenta en la Figura 2. 22.

Figura 2. 22. Ubicación del espejo de agua, Lote 32.



2.4.2.7. Áreas Verdes

El Proyecto contará con 17,320.87 m^2 de áreas verdes ajardinadas, las cuales formarán parte del diseño paisajístico, brindando un aspecto más armónico con el entorno. Estás áreas serán reforestadas con especies nativas o propias de la región provenientes de las actividades de rescate, así como de sitios autorizados. La distribución de estas áreas, para el Proyecto, se presenta en la Figura 2. 23, y en la Tabla 2. 10 se presentan las superficies correspondientes.

Figura 2. 23. Distribución de las áreas verdes en el Proyecto.

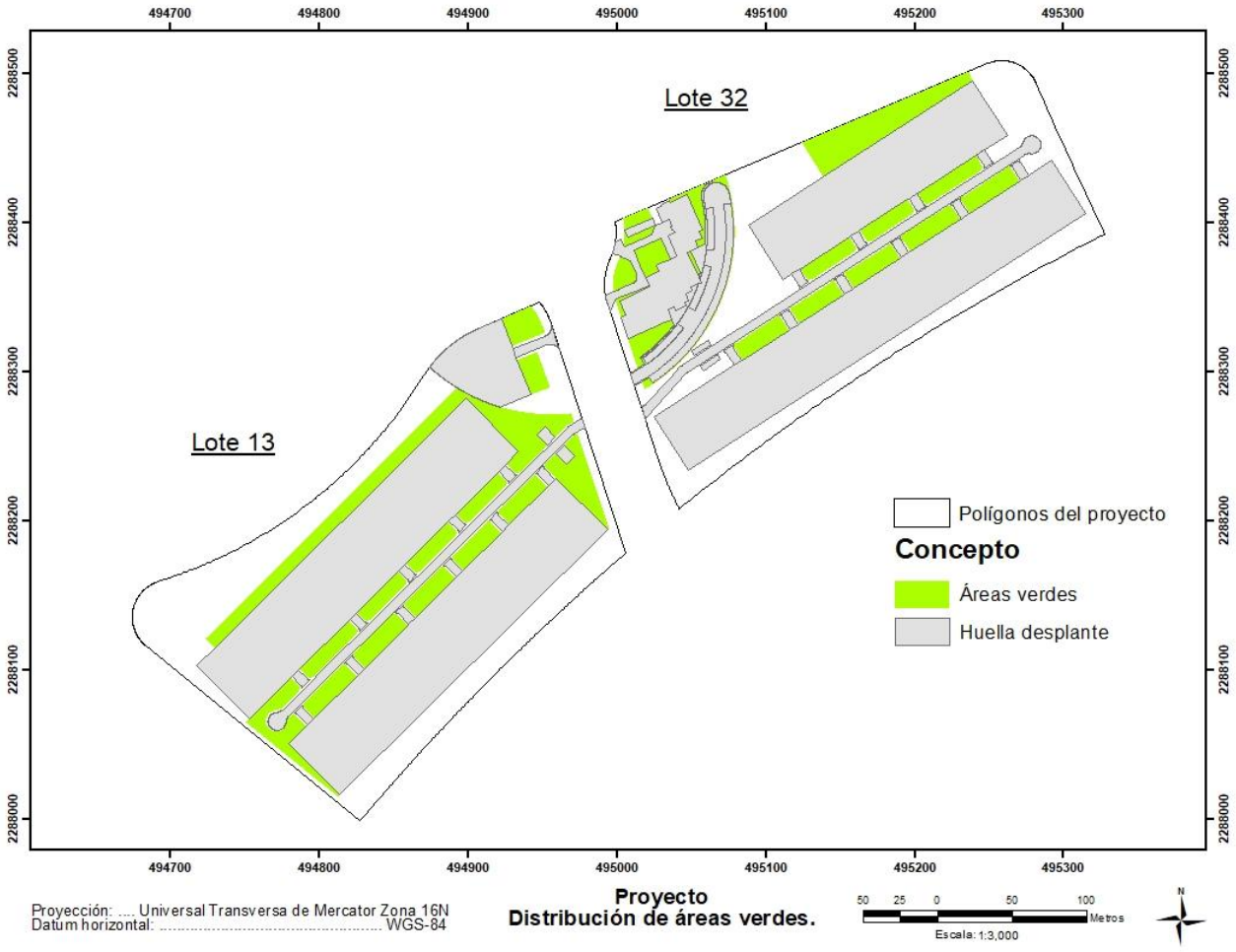


Tabla 2. 10. Superficies de áreas verdes, por fase, para el Proyecto.

Áreas Verdes	
Lote	**m²**
Fase A	
13	817.72
32	1,866.94
Fase B	
13	9,146.19
32	5,490.02
Total	**17,320.87**

2.4.2.8. Área de Conservación

El área de conservación tendrá una superficie total de 26,601.36 m^2, estará conformada por áreas de vegetación natural sin intervención durante ninguna de las etapas del Proyecto. La distribución de estas áreas, para el Proyecto, se presenta en la Figura 2. 24, y en la Tabla 2. 11 se presentan las superficies correspondientes.

Figura 2. 24. Distribución de las áreas de conservación en el Proyecto.



Tabla 2. 11. Superficies de las áreas de conservación, por fase, para el Proyecto.

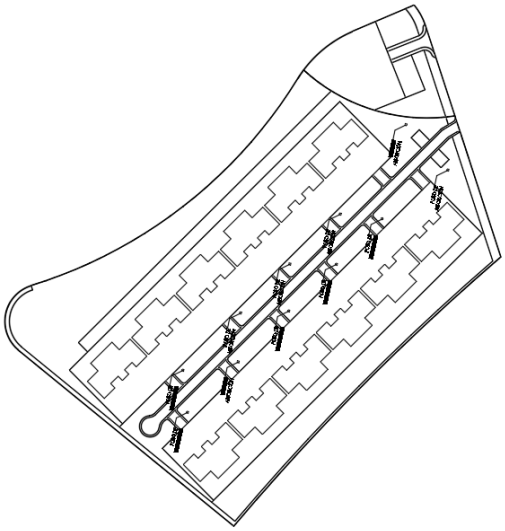
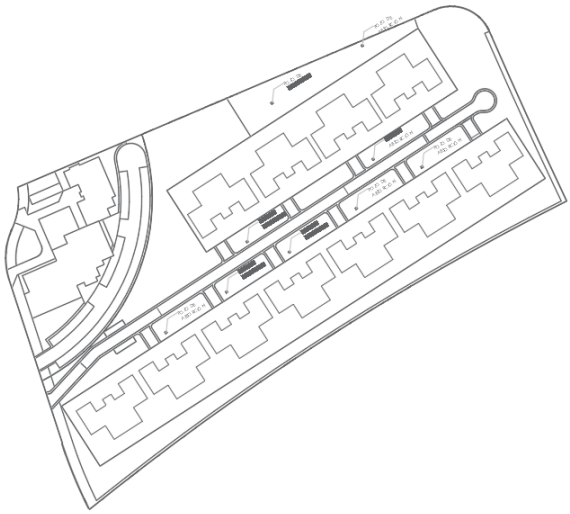
Áreas de Conservación	
Lote	**m^2**
Fase A	
13	1,148.26
32	558.10
Fase B	
13	12,634.23
32	12,260.77
Total	**26,601.36**

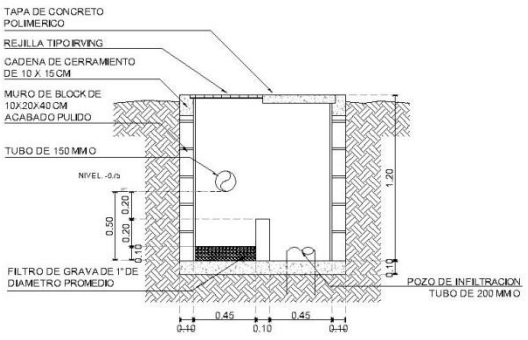
2.4.2.9. Pozos de absorción

Para la canalización de aguas pluviales, el Proyecto contempla la construcción de pozos de absorción ubicados estratégicamente en la vialidad. La perforación de dichos pozos se realizará mediante métodos mecánicos, y cada uno contará con un registro de captación conformado por muros de block, piso de grava y rejilla metálica tipo Irving, cuya estructura está diseñada para evitar el arrastre de residuos y lixiviados.

Adicionalmente, los pozos estarán equipados con sistemas de trampas de sedimentos y grasas, con el objetivo de prevenir la contaminación del subsuelo. Cabe destacar que el sistema de drenaje pluvial operará de manera independiente al drenaje sanitario, garantizando la separación funcional entre ambos sistemas. La ubicación y diseño de los pozos de absorción se detallan en el Cuadro 2. 26, así como en las Figura 2. 25 y Figura 2. 26.

Cuadro 2. 26. Ubicación y diseño de los pozos de absorción.

Lote 13	Lote 32
	



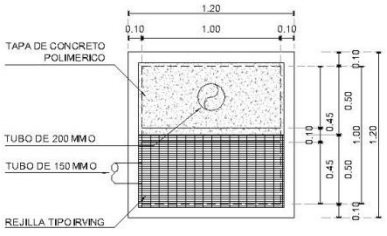
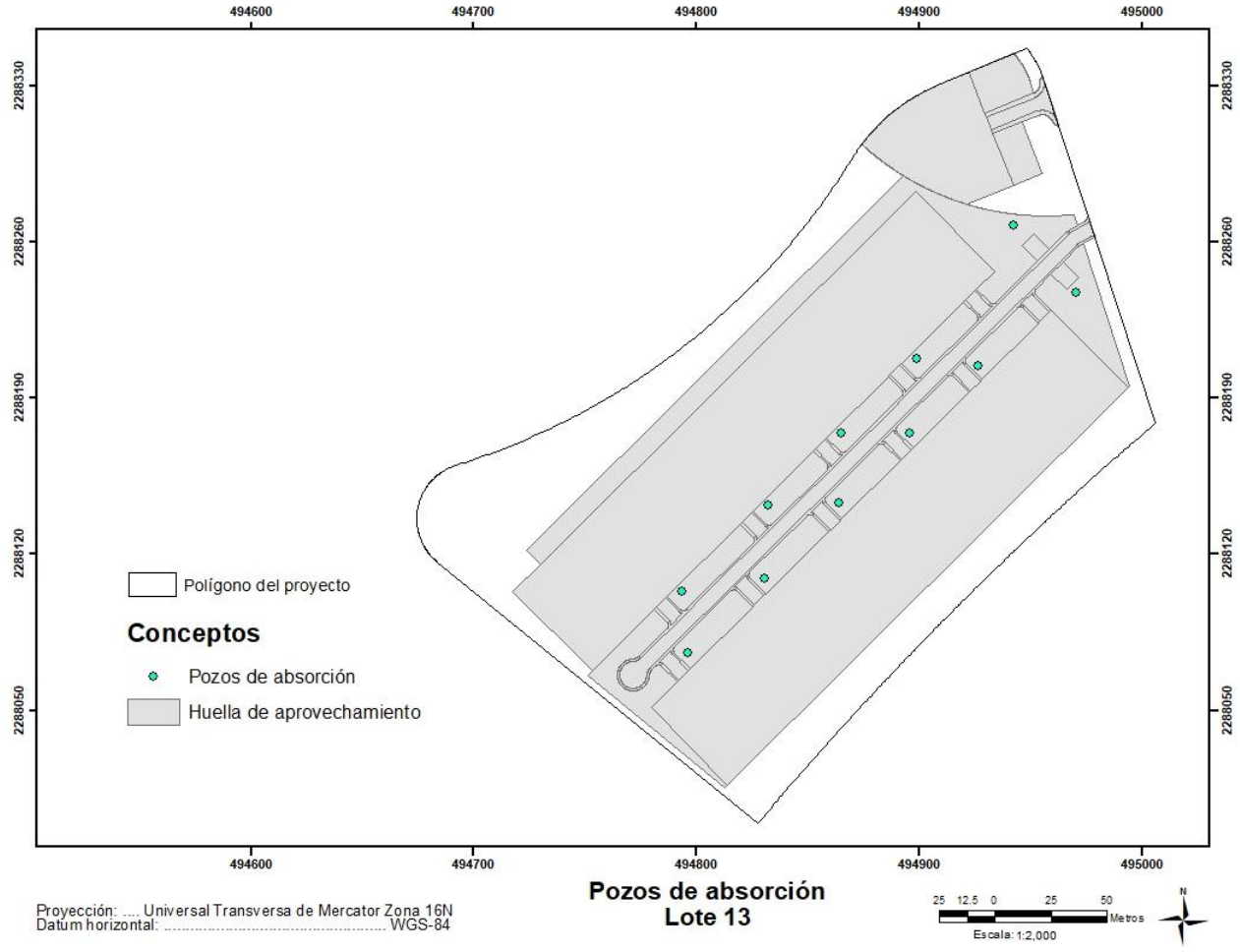


Figura 2. 25. Ubicación de los pozos de absorción Lote 13.



La tabla de coordenadas y la ubicación geoespacial del Proyecto se detallan y presentan en el Anexo 2.4, disponible en formato digital para su consulta.

Figura 2. 26. Ubicación de los pozos de absorción Lote 32.



2.5. Programa General de Trabajo

El programa de trabajo tiene por objeto establecer las distintas actividades que se realizarán, así como los periodos de tiempo en que se llevarán a cabo cada una de estas acciones. En este sentido, a través de este programa se optimizarán recursos, mejorando rendimientos que permitan medir el avance y valorizar las acciones, previendo de esta manera las necesidades de adquisición de materiales, equipos y sobre todo de los recursos económicos que se requieran.

El Proyecto contempla tres etapas principales: preparación, construcción, y operación y mantenimiento. Las fases de preparación y construcción se desarrollarán en un periodo estimado de 15 años, mientras que la etapa de operación y mantenimiento está proyectada para una duración de 99 años, garantizando la sostenibilidad y funcionalidad a largo plazo del desarrollo.

La ejecución del Proyecto mediante etapas, favorece optimizar los recursos, previendo la necesidad de adquisición de materiales, equipos y demás recursos económicos requeridos; además, mediante esta estrategia, se evita la exposición prolongada de la superficie disminuyendo la erosión del suelo.

En la Tabla 2. 12 se presenta el programa general de trabajo, se observa que las etapas de preparación y construcción se ejecutarán en 15 años.

Tabla 2. 12. Programa general de trabajo.

Concepto		Años																	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	..	99
Preparación	Trazo, delimitación y marcaje																		
	Prospección del área para el rescate de flora y fauna silvestre																		
	Desmonte y despalme																		
	Instalación de obras provisionales																		
Construcción	Operación de obras provisionales																		
	Relleno, nivelación y excavación																		
	Vialidades, edificaciones e instalación de servicios																		
Operación																			

2.6. Descripción de las Etapas de Desarrollo del Proyecto

De manera preliminar, previo al inicio de la etapa de preparación del sitio, se llevará a cabo la gestión de permisos, licencias y autorizaciones requeridas para la implementación del Proyecto. Así mismo se realizará la capacitación, en temas ambientales, de los trabajadores, contratistas, prestadores de servicios y demás personal que se prevea participe en la obra.

2.6.1. Etapa de Preparación

La etapa de preparación del sitio incluye todas las actividades necesarias para dar lugar a la construcción de las obras que conformarán el Proyecto. Comprende principalmente el trazo, delimitación, marcaje, rescate de flora y fauna, remoción de vegetación del terreno y la instalación de las obras provisionales, su descripción se presenta a continuación.

Antes de dar inicio a cualquier actividad se instalarán los sanitarios portátiles (uno por cada 15 trabajadores) y se colocarán contenedores para los residuos debidamente identificados y con las dimensiones y características requeridas de acuerdo al tipo de residuos que recibirán (orgánicos, inorgánicos reciclables, inorgánicos no reciclables, peligrosos o de manejo especial).

Así mismo y en apego a los lineamientos establecidos por los instrumentos normativos y con el afán de generar conciencia entre los trabajadores la Promovente previo al inicio de las labores y como parte del Subprograma de Educación Ambiental, difundirá el reglamento ambiental que tendrá como objetivo informar sobre las limitaciones y/o prohibiciones en cuanto a las prácticas ambientales que podrán realizarse en el área del Proyecto. De igual manera la Promovente llevará a cabo pláticas dirigidas a los trabajadores para difundir las obligaciones ambientales contraídas por la Promovente, para el desarrollo del Proyecto, así como para fomentar y fortalecer el cuidado de la flora y fauna del lugar y buenas prácticas ambientales (ver Capitulo 7).

a. Trazo, delimitación y marcaje

Una vez que se cuente con los permisos y licencias emitidas por las diferentes instancias (Federal, Estatal y Municipal), se procederá a realizar las acciones de cambio de uso del suelo, lo que incluye en primer término la delimitación física de la poligonal del Proyecto, mediante lo cual se evitará realizar afectaciones a las propiedades de terceros y que se ubican aledañas al polígono del proyecto. Además, se delimitarán las áreas que habrán de ser destinadas a su aprovechamiento y para la edificación de los elementos del Proyecto. Así como aquellas destinadas como zonas de conservación.

Para el desarrollo de estas actividades habrá de participar una brigada de topógrafos conformada cuando menos por 3 personas quienes se encargarán de realizar el trazo y balizado preciso de ubicación de los diferentes componentes del Proyecto. Para ello se utilizarán bancos de nivel y se trazarán los principales ejes verificados con un levantamiento topográfico del terreno y que se cumpla con lo proyectado.

Las actividades correspondientes al trazo y balizado se realizarán con equipo de posicionamiento satelital para determinar las poligonales de las áreas de aprovechamiento, mismas que serán delimitada a través de una serie de brechas de 1 m de ancho, mismas que serán realizadas por medio de herramientas manuales y utilizando hachas y machetes.

Las brechas serán balizadas con postearía de madera de 1.5 m de altura previamente identificada para determinar el área y trompos de 40 cm de largo que quedarán enterrados en un 90% de su longitud y que son colocados en cada vértice del trazo realizado.

De manera adicional, se podrán colocar cintas plásticas que delimitarán las áreas que serán verdes e incorporadas al diseño del Proyecto como áreas de conservación y las áreas que serán desmontadas para la construcción de la infraestructura.

b. Prospección del área, para el rescate de flora y de fauna silvestre

De manera previa al desmonte del terreno, en las áreas delimitadas y consideradas para aprovechamiento, se llevarán a cabo actividades de prospección para el rescate de flora y fauna con el objetivo de reubicar a los ejemplares que sean susceptibles y mitigar sus impactos por la implementación del Proyecto.

Para las especies vegetales se implementará una campaña coordinada por un especialista en identificación y manejo de vegetación y una brigada de personal de apoyo; con la finalidad de identificar y marcar con cinta plástica aquellos ejemplares susceptibles de ser rescatados, se prestará especial atención a los ejemplares que se encuentren incluidos en la NOM-059-SEMARNAT-2010. Una vez identificados los ejemplares, se implementará la técnica de rescate más apropiada, considerando la especie y su talla. Los ejemplares rescatados serán transportados a su sitio definitivo de trasplante o al vivero provisional para su mantenimiento. Este vivero será ubicado temporalmente dentro de alguna de las áreas de aprovechamiento del Proyecto. Cabe destacar que, se identificará y registrará cada organismo rescatado en formatos especiales diseñados por la supervisión ambiental del Proyecto.

Es importante mencionar que para este Proyecto en particular se ha propuesto el rescate de las especies de flora que se presentan en la Tabla 2. 13 y Tabla 2. 14.

Tabla 2. 13. Especies consideradas en la NOM-059-SEMARNAT-2010 y número de individuos propuestos para su rescate.

Nombre común	Nombre científico	Forma de colecta			Número de individuos por hectárea	Propuesta total 7.98 ha
		Semilla	Planta /ha	Vareta /ha		
Palma chit	*Thrinax radiata*	X	X		5	40
Palma nakas	*Coccothrinax readii*	X	X		5	40
Total					**10**	**80**

Tabla 2. 14. Especies silvestres nativas y número de individuos, propuestos para su rescate.

Nombre común	Nombre científico	Forma de colecta			Número de individuos por hectárea	Propuesta total 7.98 ha
		Semilla	Estaca	Planta		
Chacá	*Bursera simaruba*		X	X	20	160
Cocoite blanco	*Gliricidia sepium*			X	5	40
Pata de vaca	*Bauhinia divaricata*			X	5	40
Pomolche	*Jatropha gaumeri*			X	5	40
Tulipan	*Malvabiscus arboreus*			X	10	80
Flor de mayo	*Plumeria rubra*			X	5	40
Chilar	*Rivina humilis*			X	5	40
Dzidzilche	*Gymnopodium floribundum*			X	5	40
Xnantus	*Ichnanthus lancelatus*			X	5	40
Total					**65**	**520**

De manera paralela a las actividades de rescate de vegetación y durante todo el periodo en el que se realicen las actividades de preparación y construcción del Proyecto, un especialista en manejo de fauna recorrerá las áreas de desmonte con la finalidad de rescatar a individuos de lento movimiento o vulnerables, incluyendo nidos de aves. Las técnicas empleadas para la captura y transporte de estos ejemplares serán las adecuadas según el grupo al que pertenezca la especie (anfibios, reptiles o mamíferos). Los individuos rescatados se registrarán en una bitácora y se incorporarán en una base de datos específicamente diseñada para tal fin por la supervisión ambiental, posteriormente serán trasladados a áreas de conservación que mantengan su cobertura vegetal original al interior del Proyecto.

Así mismo, se implementarán técnicas para ahuyentar a la fauna antes de comenzar las labores de desmonte y despalme. Durante los recorridos se generará ruido con el apoyo de silbatos y sirenas de gas comprimido a base de tetraflouretano que no afecta a la capa de ozono y que produce ruido de 120 decibelios, suficiente para ahuyentar a la fauna existente en el sitio.

c. Desmonte y despalme

Una vez concluidas las actividades de rescate de flora y fauna, se podrá dar inicio con las actividades de desmonte de las áreas de aprovechamiento, para ello se requerirá de maquinaria pesada como tractores tipo buldócer, retroexcavadoras o bobcats. Generalmente la mayoría del material excavado durante el despalme no tiene valor en términos constructivos, por lo que se puede utilizar para rellenar áreas destinadas a jardines que requieran nivelación. El material que no sea aprovechable se extraerá de la obra y se enviará al tiradero oficial autorizado. Esta actividad se ejecutará conforme el avance de obra, de modo que se evite la exposición prolongada de la superficie.

Posteriormente se llevará a cabo el retiro de tierra vegetal (despalme) el que consistirá en cortar la capa de tierra vegetal hasta llegar al estrato rocoso. El material resultante, será acumulado en el sitio de despalme para cribarlo y aprovechar la tierra vegetal que se almacenará en las áreas verdes destinadas para jardines. La piedra sobrante se triturará para aprovecharse en la construcción de plataformas.

Finalmente se procederá a realizar la limpieza del terreno en donde la tierra vegetal y restos de vegetación serán triturados mecánicamente y dispuestos temporalmente en un vivero, en donde recibirán el tratamiento correspondiente para su posterior uso en el mejoramiento de las diferentes áreas verdes del Proyecto.

Una vez limpio el terreno y removidos los restos de escombros, tocones, rocas y similares, una cuadrilla de topógrafos delimitará el área de trabajo y se realizan las actividades de relleno y nivelación necesarias para dar forma a las plataformas donde se construirán los edificios, así mismo se procederá a la ubicación de las instalaciones de apoyo u obras provisionales, como almacenes y bodegas, se llevará a cabo el estudio de mecánica de suelos y se dará inicio al proceso constructivo de la infraestructura permanente.

d. Instalación de obras provisionales

Se procederá a la construcción de obras provisionales y complementarias, tales como:

- Almacén temporal de residuos peligrosos: Estructura de material no combustible, específicamente de concreto con techo de vigueta y bovedilla, sobre base de cemento firme que actuará como piso impermeable. Contará con canaletas, muchos de contención de derrames y un sistema de contención de derrames integrado, garantizando el confinamiento de cualquier fuga o derrame accidental. Se colocarán señalamientos de seguridad e identificación de residuos conforme a la normatividad aplicable.

- Comedor para empleados: Área a cubierto con estructura metálica y piso de concreto simple.

- Bodega de campo: Estructura provisional de mampostería y cubierta metálica, para alojar herramientas y material para la construcción.

- Instalación de oficinas de campo: Superficie que dará servicio al equipo técnico y administrativo de la obra.

- Instalación de subestación eléctrica: obra provisional de energía al pie del lote para el suministro de energía al interior de la construcción.

- Instalación de torre grúa: Maquinaria destinada a la carga y descarga de diferentes materiales, asegurada al suelo dentro de la estructura vertical (torre).

- Elevadores para el personal: A base de una estructura vertical metálica provista de energía eléctrica para la operación.

También se realizará la delimitación de las áreas de construcción con las señalética y equipamiento correspondiente.

El consumo de agua potable por persona al día dentro de las instalaciones provisionales se abastecerá por medio de pipas y se ha considerado un requerimiento de 20 l/día por persona, teniendo así lo siguiente: 20 l/día persona x 400 personas = 8,000 l/día.

Se prevé la utilización de baños portátiles para la disposición de los residuos fisiológicos, la disposición de estos se realizará a través de una empresa prestadora del servicio la cuál será la responsable de la disposición final de los residuos líquidos de las letrinas portátiles.

Estas obras provisionales serán ubicadas dentro de las áreas designadas como de aprovechamiento para el Proyecto (Figura 2. 27 y Figura 2. 28).

Figura 2. 27. Ubicación de las obras provisionales en el Lote 13.

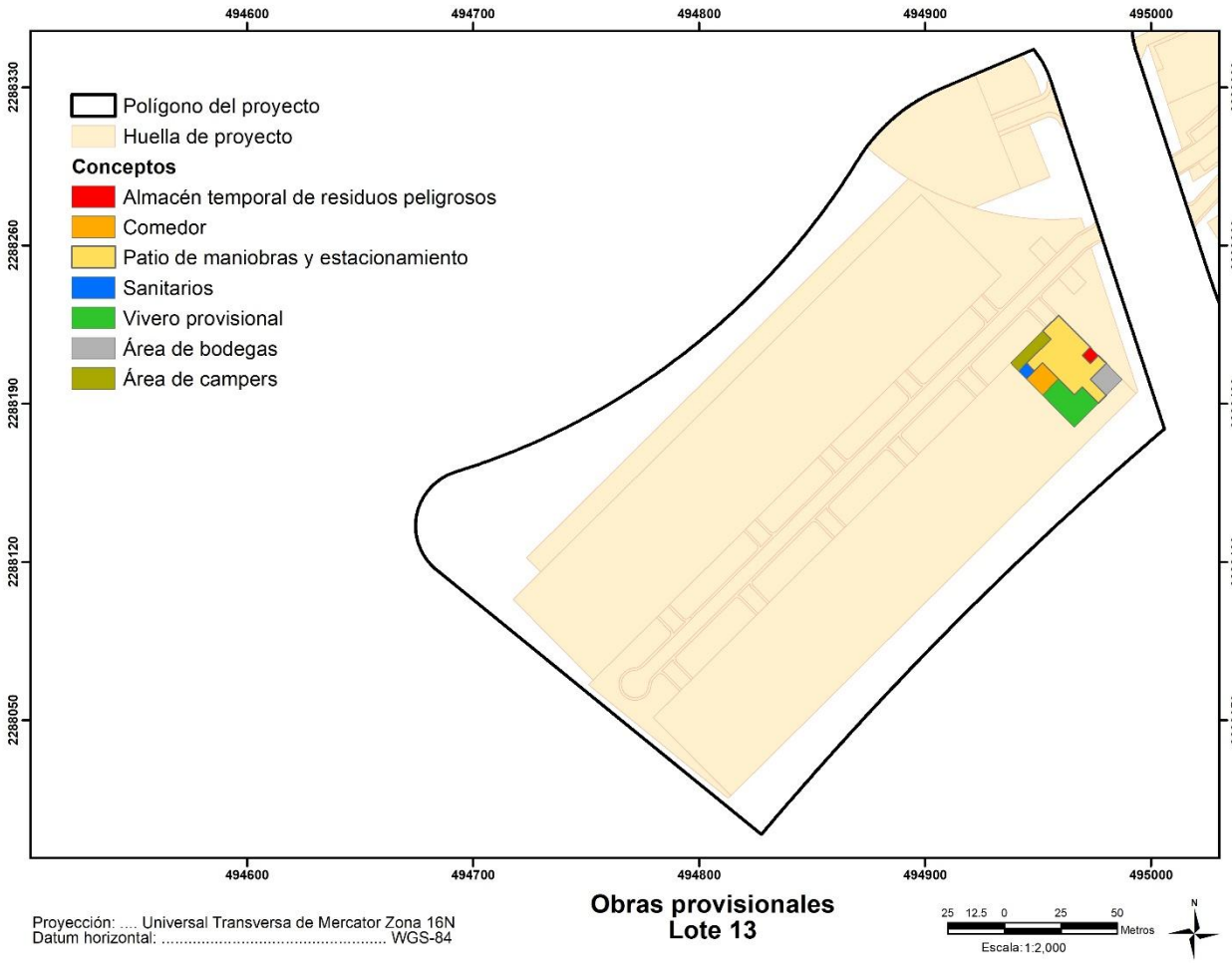


Tabla 2. 15. Superficies de las obras provisionales en el Lote 13.

Concepto	Superficie m^2
Patio de maniobras y estacionamiento	600
Almacén temporal de residuos peligrosos	25
Área de campers	100
Sanitarios	25
Comedor	100
Vivero provisional	250

Área de bodegas	100
Total	**1200**

Figura 2. 28. Ubicación de las obras provisionales en el Lote 32.

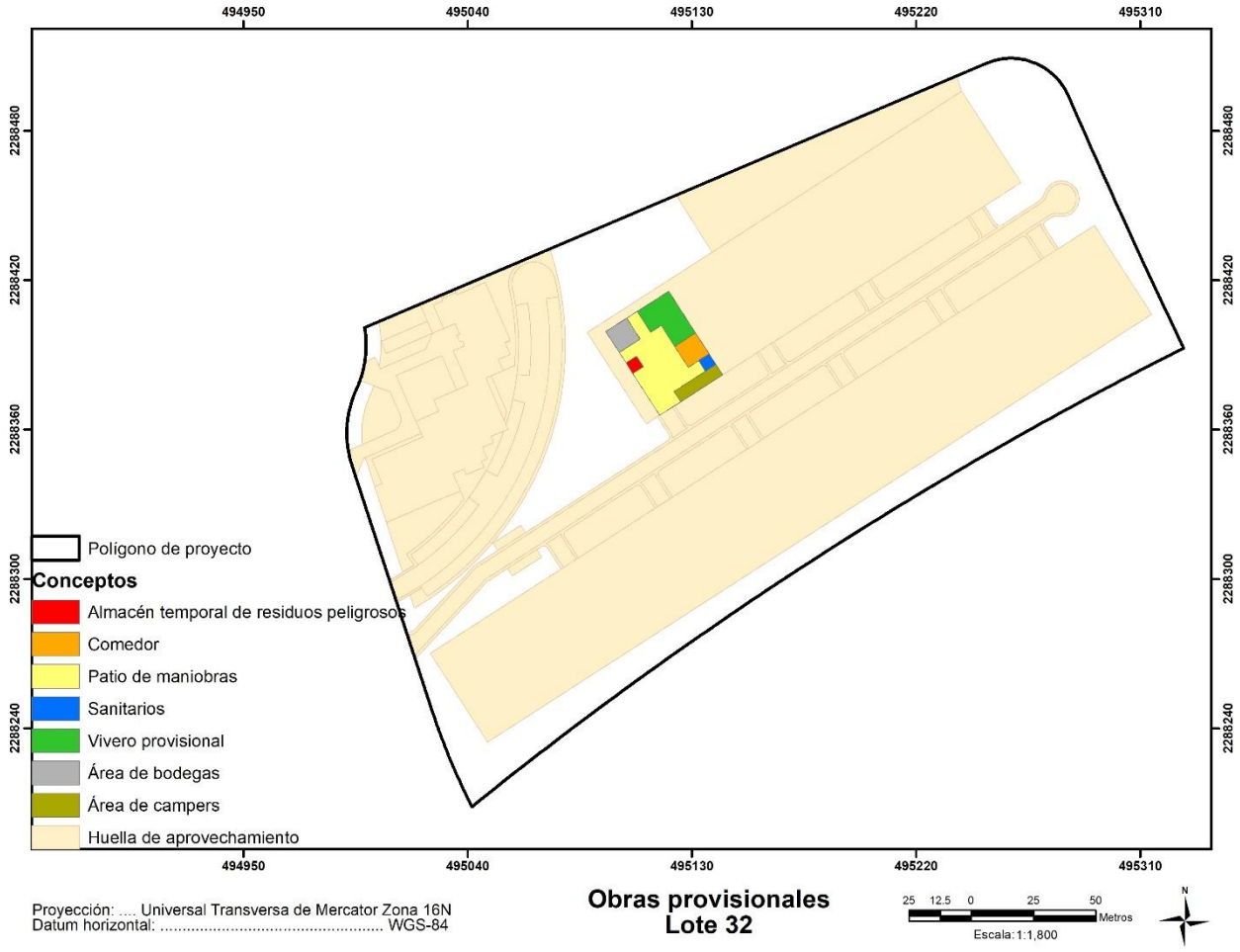


Tabla 2. 16. Superficies de las obras provisionales en el Lote 32.

Concepto	Superficie m^2
Área de campers	100
Comedor	100
Vivero provisional	250
Patio de maniobras	600
Área de bodegas	100
Almacén temporal de residuos peligrosos	25
Sanitarios	25
Total	**1200**

La tabla de coordenadas y la ubicación geoespacial del Proyecto se detallan y presentan en el Anexo 2.5, disponible en formato digital para su consulta.

2.6.2. Estimación del Volumen por Especie de Materias Primas Forestales Derivadas del Cambio de Uso de Suelo

2.6.2.1. Principios Metodológicos para Obtener Valores Dasométricos

Formulas empleadas para la obtención del área basal y volumen total árbol, indicando el coeficiente mórfico y factor empleado, presentando sustento bibliográfico.

Dentro de la metodología aplicada para el cálculo de los volúmenes correspondientes se ha empleado el programa selva, que fue diseñado por el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) Regional Sureste para procesamiento de datos de Inventarios Forestales de la península de Yucatán con una **confiabilidad del 95%**.

El programa selva versión 2001 además de los archivos para manejar el programa, contiene fórmulas de regresión que requiere cada especie para obtener sus parámetros dasométricos, cuenta también con los archivos abiertos que contiene las claves para las especies tipo de suelo y forma de los árboles, en estos archivos se define también el número de fórmulas que corresponde a cada especie lo que puede ser modificado de acuerdo a la necesidad del usuario.

Las fórmulas de regresión empleadas para los cálculos son las definidas por el inventario nacional para las especies y grupos de especies propias de los estados de Campeche, Yucatán y Quintana Roo.

Por otra parte, a fin de dar cumplimiento se presenta las fórmulas solicitadas.

Área basal

De acuerdo a la Fracción IV del Artículo 2 del Reglamento de la Ley general de Desarrollo Forestal Sustentable, el área basal, es la suma de las secciones transversales de los árboles en una superficie determinada, medida a partir del diámetro del tronco a una altura de 1.30 metros sobre el suelo, expresada en metros cuadrados por hectárea.

De acuerdo al Manual Técnico Forestal, Información Básica, Métodos y Procedimientos (Acuerdo México-Alemania, 1999, página 42), el área basal (AB) es la superficie que ocupa un árbol en una altura de 1.30 metros. La suma de las áreas basales de todos los individuos en una hectárea (área basal por hectárea) es un índice de densidad del bosque.

r = radio; d_{ap} = diámetro a altura de pecho (1.30 m);

$$A.B. = r^2 \times \pi = \frac{d_{ap}^2}{4} \times 3.1416 = d_{ap}^2 \times 0.7854$$

Volumen total árbol indicando el coeficiente mórfico y factor empleado,

De acuerdo al numeral 3.18 de la NOM-152.SEMARNAT-2006, el volumen total árbol (VTA) se refiere al volumen de madera y corteza del árbol, incluyendo fuste, puntas y ramas.

Por otra parte, para calcular las existencias volumétricas obtenidas en el muestreo de campo, se utilizó el programa de cómputo selva 2001[4], diseñado para selvas tropicales de la península de Yucatán, por personal técnico del INIFAP y que procesa los parámetros silvícolas de diámetro normal y alturas totales y de fuste limpio, procesándolos mediante fórmulas de regresión para las principales especies.

Cada uno de los grupos de ecuaciones cubre a determinadas especies, las que se consideraron en función de sus características tecnológicas y de crecimiento; estas ecuaciones y agrupamientos de especies fueron realizadas por los profesionales forestales que realizaron los inventarios forestales en los estados del sur del país.

Tabla 2. 17. Ecuaciones de regresión para los grupos tecnológicos. Fuente: Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos (SARH), Campeche, 1985[5]; Tabasco, 1985[6]; Yucatán, 1985[7].

Grupo	Modelo Matemático $VT = (C_0+C_1 \text{ Log } (D)+ C_2 \text{ Log } (HT)$
I	C_0 = -9.64583328; C_1 = 1.79389367; C_2 = 1.03915044
II	C_0 = -10.6001321; C_1 = 1.98160359; C_2 = 1.03695598
III	C_0 = -9.53415154; C_1 = 1.85980581; C_2 = 0.96989346
IV	C_0 = -9.84923104; C_1 = 1.91175328; C_2 = 1.04455238
V	C_0 = -9.988284891 C_1 = 1.92178549; C_2 = 1.04714889
VI	C_0 = -10.09141259 C_1 = 1.93246219; C_2 = 1.06194865
VII	C_0 = -9.98357915 C_1 = 1.95005045; C_2 = 1.05153755
VIII	C_0 = -8.81312542 C_1 = 1.56449274; C_2 = 1.08361129
IX	C_0 = -9.60981068 C_1 = 1.82854720; C_2 = 1.01082458
X	C_0 = -9.56438150 C_1 = 1.82330413; C_2 = 1.01741981
XI	C_0 = -9.52774573 C_1 = 1.76329569; C_2 = 1.0816879
XII	C_0 = -9.83322527; C_1 = 1.92412457; C_2 = 1.00970142
XIII	C_0 = -9.41737421; C_1 = 1.76385327; C_2 = 1.04067809
Ceiba	C_0 = -10.22563374; C_1 = 1.92362277; C_2 = 1.14061993
Balché	C_0 = -9.82447804; C_1 = 1.93162616; C_2 = 1.01919725
Bojón	C_0 = -9.20446857; C_1 = 1.70136976; C_2 = 1.07521396
Calophylum	C_0 = -9080750322; C_1 = 1.87831474; C_2 = 1.07425292
Dialium	C_0 = -9.98279857; C_1 = 1.97250941; C_2 = 1.03206162

Donde: Vol = Exp ((C_0 + C_1 Log (D) + C_2 Log (HT)); Vol = volumen; VT = volumen total; C_0, C_1, y C_2 son los coeficientes de regresión; D = diámetro normal; HT = altura total y Log = Logaritmo natural.

Mediante el programa de cómputo, se obtuvo el cálculo de las existencias reales por especie a nivel de árbol individual y se calcularon en función a la superficie muestreada los valores por hectárea. El programa calcula también la varianza y el error estándar de las observaciones levantadas con una confiabilidad del 95%.

En México, el Inventario Nacional Forestal obtuvo las ecuaciones de regresión para algunas especies, con las que es posible obtener el volumen total árbol para individuos de algunas especies, estas ecuaciones de regresión se utilizaron para estimar los volúmenes de las especies que se muestran en la Tabla 2. 18, mediante el programa selva, utilizado en Campeche y Quintana Roo (Patiño et al, 2001).

[4] Patiño, V. F., Torres, L. J.L., Piña, Ch, F., Gómez, D. A. y Escalante, R. P. J., 2001. Selva 2001, Programa de cómputo, para procesar la información de inventarios forestales de especies tropicales.
[5] SARH, 1985. Inventario Forestal del Estado de Campeche, SARH. Publicación Especial No.56, México, D.F. 91 pp.
[6] SARH, 1985. Inventario Forestal del Estado de Tabasco, SARH. Publicación Especial No.54, México, D.F. 86 pp.
[7] SARH, 1985. Inventario Forestal del Estado de Yucatán, SARH. Publicación Especial No.55, México, D.F. 95 pp.

Tabla 2. 18. Ecuaciones de regresión para algunas de las especies de los grupos tecnológicos.

Especie	Ecuación
Cedro (*Cedrela odorata*)	VT = EXP (-9.64583328 + 1.79389367 log (D) + 1.03915044 log (HT)) (R2 = 0.98403294)
Caoba (*Swietenia macrophylla*)	VT = EXP (-10.06001321 + 1.98160359 log (D) + 1.03695598 log (HT)) R2 =
Ramón (*Brosimum alicastrum*)	VT = EXP (-9.53415154 + 1.85980581 Log (D) + 0.96989346 Log (HT)) R2 =
Chicozapote (*Manilkara zapota*)	VT = EXP (-9.84923104 + 1.91175328 Log (D) + 1.04555238 Log (HT)) R2 =
Chaca (*Bursera simaruba*)	VT = EXP (-9.88284891 + 1.92178549 Log (D) + 1.04714889 Log (HT)) R2 =
Jobo (*Spondioas mombin*)	VT = EXP (-10.09141259 + 1.93246219 Log (D) + 1.06194865 Log (HT)) R2 =
Tamay, Trementino (*Zuelania guidonia*)	VT = EXP (-9.98357915 + 1.9500045 Log (D) + 1.05153755 Log (HT)) R2 =
Chechem negro (*Metopium brownie*)	VT = EXP (-8.81312542 + 1.56449274 Log (D) + 1.08361129 Log (HT)) R2 =
Kinsah, Uinic (*Hipomane mancinella*)	VT = EXP (-9.60981068 + 1.82854720 Log (D) + 1.01082458 Log (HT)) R2 =
Tzalam (*Lysiloma latisiliquum*)	VT = EXP (-9.56438150 + 1.82330416 Log (D) + 1.01741981 Log (HT)) R2 =
Amapola (*Pseudobombax ellipticum*)	VT = EXP (--9.52774573 + 1.76329569 Log (D) + 1.08168791 Log (HT)) R2 =
Kanchunup (*Thouinia paucidentata*)	VT = EXP (-9.83322527 + 1.92412457 Log (D) + 1.00970142 Log (HT)) R2 =
Papelillo (*Alseis yucatanensis*)	VT = EXP (-9.41737421 + 1.76385327 Log (D) + 1.04057089 Log (HT)) R2 =
Ceiba (*Ceiba pentandra*)	VT = EXP (-10.22563374 + 1.92362277 Log (D) + 1.14061993 Log (HT)) R2 =
Balche (*Lonchocarpus castilloi*)	VT = EXP (-9.82447804 + 1.931626 Log (D) + 1.01313725 Log (HT)) R2 =
Bojón (*Cordia alliodora*)	VT = EXP (-9.20446857 + 1070136976 Log (D) + 1.07521396 Log (HT)) R2 =

Donde: Vol = Exp ((C_0 + C_1 Log (D) + C_2 Log (HT)); Vol = volumen; VT = volumen total; C_0, C_1, y C_2 son los coeficientes de regresión; D = diámetro normal; HT = altura total y Log = Logaritmo natural.

2.6.2.2. Metodología para el Cálculo de Volúmenes Maderables

La metodología utilizada para la estimación de volúmenes que resultarán del cambio de uso de suelo por el derribo de la vegetación en una superficie total de 7.98 ha para la ejecución del Proyecto, se realizó mediante el muestreo sistemático, siguiendo 2 las brechas establecidas, con el levantamiento de información en 12 sitios circulares concéntricos de 500 m^2 cada uno, sobre la vegetación existente.

Para el muestreo se tomó como base la metodología aplicada por Reuter, M., C. Schulz y C. Marrufo en el Manual Técnico Forestal, Información Básica, Métodos y Procedimientos (Acuerdo México – Alemania, 1999), basado en sitios circulares (parcelas de 500 m^2). Esta integración de sitios se realizó en forma sistemática y consecutiva, con la finalidad de tener información de los diferentes tipos de vegetación existentes, su situación actual, así como su georreferenciación. Esta información se proporciona en las fichas de datos de campo procesadas que se presentan como el Anexo 4.3 de este DTU-BP.

Durante el levantamiento de datos en los sitios seleccionados se obtuvo información fisonómica, estructural, botánica, diámetros a la altura del pecho (DAP), que posteriormente fueron utilizados para el cálculo del volumen a derribarse.

Para la obtención de los resultados se realizaron las siguientes actividades:

Visita al área de estudio

Esta se realizó usando los accesos al Proyecto, utilizando los planos topográficos correspondientes al trazo y medidas, así como documentación legal e información necesaria para la realización de las actividades de campo y gabinete.

Ubicación de accesos y rodalización del área

Con el apoyo de la cartografía topográfica escala 1:50,00 y el plano topográfico correspondiente se ubicaron y marcaron los accesos al Proyecto. La rodalización y caracterización en general se realizó de forma directa con el apoyo de la cartografía, disponible, (imagen satelital de Google Earth) además de los recorridos de verificación y toma de datos de campo.

Intensidad de muestreo

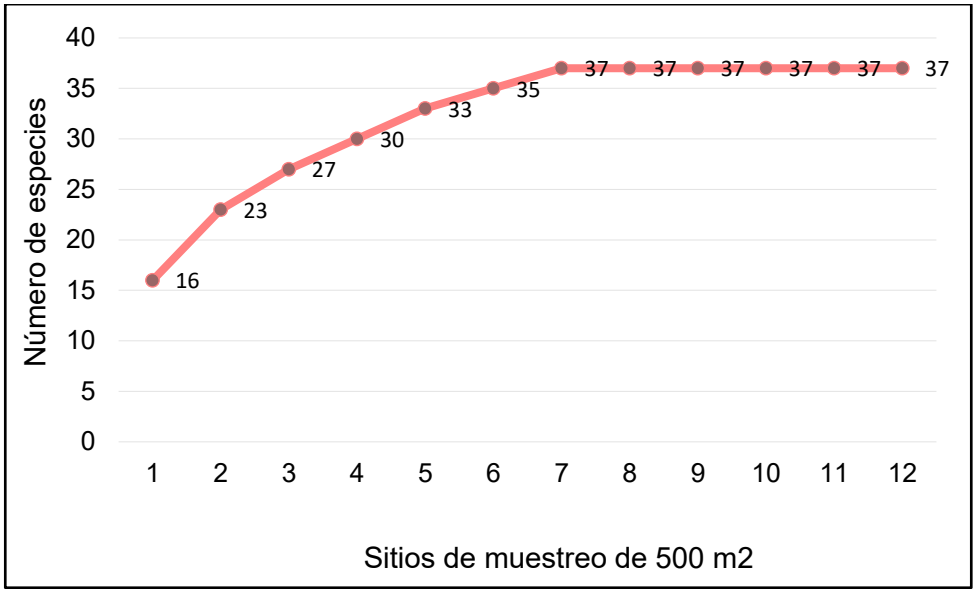
Como fue mencionado en el Capítulo 1 de este DTU-BP, el conjunto de predios que conforman el Proyecto (Lote 13 y Lote 32) cuentan con una superficie conjunta de 10.64 ha, de las cuales se afectará 7.98 ha de selva mediana subperennifolia / vegetación secundaria arbórea, por lo que, considerando la ubicación del Proyecto, acceso al mismo y la superficie a afectar, la intensidad de muestreo se estimó en lo siguiente:

Se levantaron datos en una superficie de 6,000 m^2 (0.6 ha) que representa una intensidad de muestreo del 7.51% con relación a la superficie total que se afectará (7.98 ha) del Proyecto y del 5.02% con respecto a la superficie total del lote (10.64 ha).

Significancia del muestreo

Ante la carencia de estudios específicos realizados en la zona que señalen el tamaño del área de muestreo que habrá de permitir el mejor entendimiento de la estructura de la selva mediana subperennifolia con vegetación secundaria arbórea, se realizó el análisis del área mínima necesaria. De esta manera, en la siguiente Figura 2. 29, se muestra la relación obtenida, en donde se representa la superficie muestreada en total de 12 sitios circulares de 500 m2 cada uno, con relación al número de especies arbóreas encontradas, observándose el patrón típico en donde se alcanza un máximo de acumulación de especies y al alcanzar la asíntota la curva se mantiene más o menos constante, lo cual indica que se ha encontrado el mayor número de especies que ahí se distribuyen (Anexo 4.2).

Figura 2. 29. Curva de especies área para la vegetación de selva mediana subperennifolia / vegetación secundaria arbórea. Fuente: Elaboración propia.



De acuerdo con lo anterior, es evidente que para el estrato arbóreo de la selva mediana subperennifolia con vegetación secundaria arbórea que se distribuye en el Proyecto, se requiere una superficie mínima de muestreo del orden de los 3,500 m² (7 sitios). De acuerdo con los datos anteriores, se considera que los resultados obtenidos a través del presente estudio son válidos y representativos, ya que se ha alcanzado una superficie de muestreo de 6,000 m2 (12 sitios).

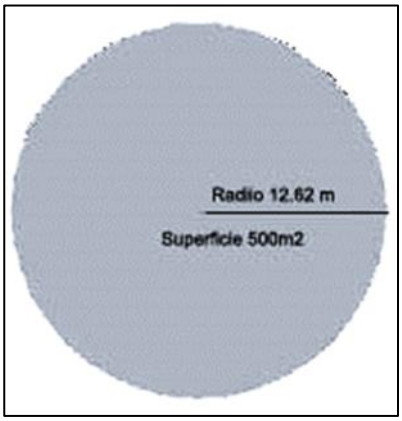
Tamaño del sitio y levantamiento de datos

La toma de datos de campo se realizó del 13 al 15 de agosto de 2025 periodo correspondiente a la época de lluvias asociada a los frentes fríos de la región y en donde la vegetación en general presenta follaje abundante por lo que no es difícil de identificar las especies. De acuerdo a las características de la asociación vegetal presente en el Proyecto, se levantaron 12 sitios circulares de 500 m^2 cada uno distribuidos en 2 líneas de muestreo. Esto dividido de la siguiente manera:

Los sitios circulares tienen un radio de 12.62 m, por lo que en total el tamaño de cada sitio muestreado para la selva en general fue de 500 m^2, en estos se levantó información de cada una de las especies presentes a partir de 5 cm. de diámetro y en sentido del orden en que giran las manecillas del reloj, para ello se ubicó al centro del sitio una baliza con una cinta de color en donde se indica el número correlativo del sitio

En cuanto a los parámetros que se utilizaron en el levantamiento de los datos del arbolado en cada sitio se mencionan lo siguiente: número de sitio, número de árbol, especie, diámetro, altura, sanidad y forma.

Figura 2. 30. Tamaño de cada sitio de muestreo, para el levantamiento de datos.



Georreferenciación de las líneas y sitios de muestreo

Para cada línea y sitio en particular se establecieron sus coordenadas geográficas por medio de un GPS GARMIN V.5, con marco de referencia cartográfico WGS 84 (equivalente a ITRF92 oficial para México) y la zona 16-Q.

El GPS, sistema de posicionamiento global asistido por satélites civiles permite la ubicación precisa de puntos en el planeta.

Tabla 2. 19. Coordenadas UTM de cada uno de los sitios de muestreo.

Faja	Sitio	Coordenadas UTM	
		X	Y
1	1	495033	2288285
	2	495083	2288306
	3	495124	2288346
	4	495171	2288359
	5	495202	2288398
	6	495249	2288424
2	1	494964	2288259
	2	4949951	2288219
	3	494857	2288183
	4	494825	2288134
	5	494783	2288114
	6	494750	2288070

Figura 2. 31. Distribución de los sitios de muestreo de flora dentro del Proyecto.

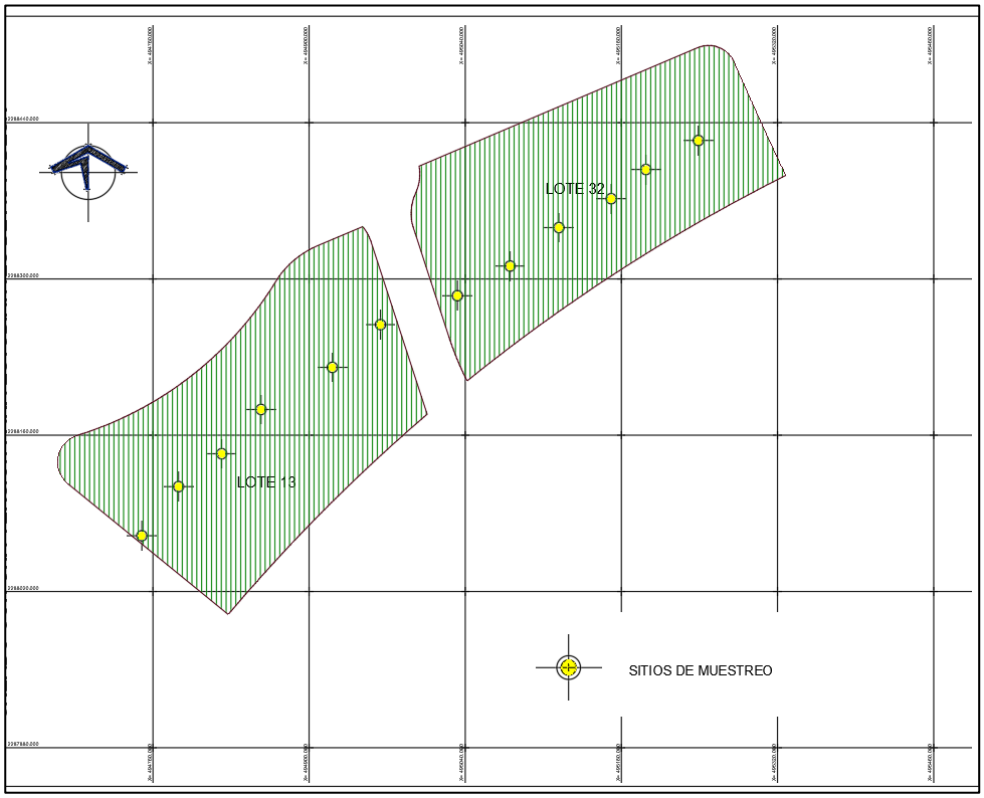
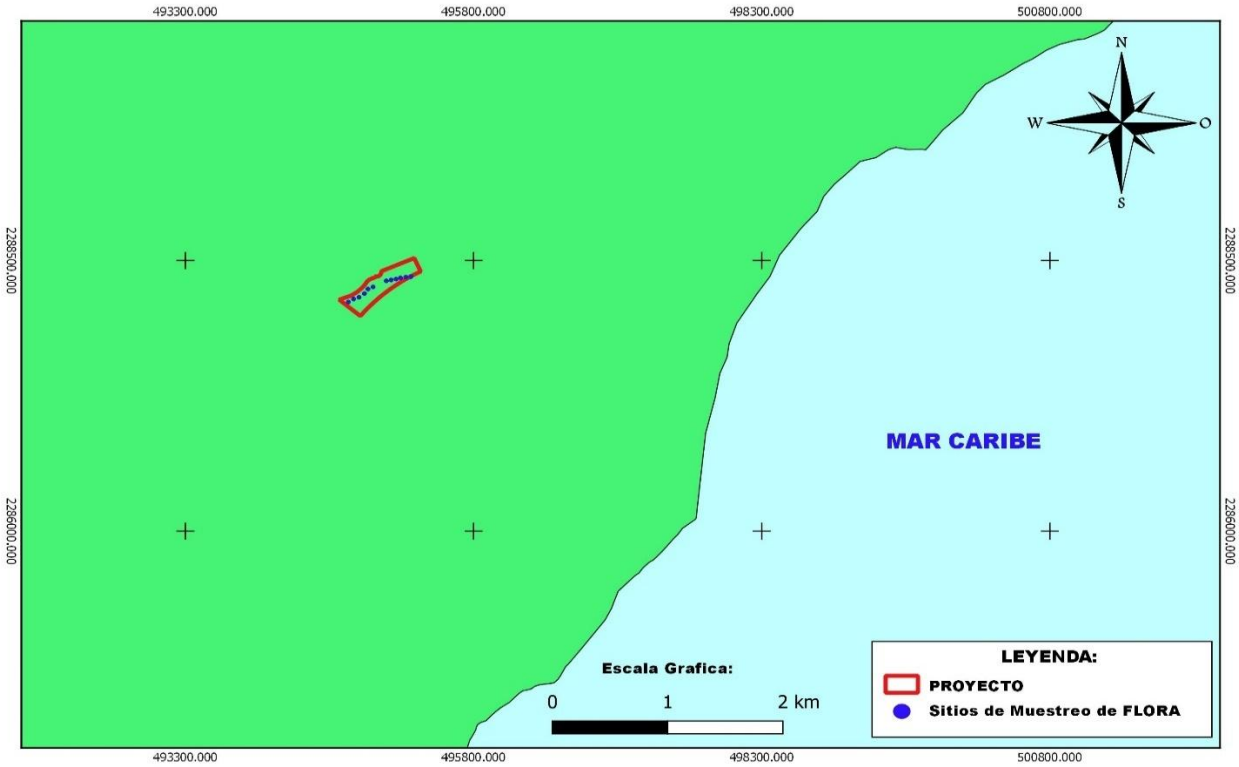


Figura 2. 32. Distribución de los sitios de muestreo de flora dentro del Proyecto.



Procesamiento de datos

El procesamiento de la información se realizó a través del programa selva versión 2001 editado por el INIFAP, este programa fue diseñado para procesar información dasométrica de inventarios forestales, el cual emplea fórmulas de regresión para los cálculos de los DAP las cuales son las definidas por el Inventario Nacional Forestal para las especies y grupos de especies propias de los estados de Campeche, Yucatán y Quintana Roo.

Los volúmenes promedios, de área basal y volumen total son obtenidos a través del cálculo del programa estadístico Excel versión 2010, además de que estos resultados se presentan por medio de tablas, los cuales se generaron a partir de un conjunto de opciones de variables relacionadas con el número de árboles, área basal, especies, volumen total entre otros.

2.6.2.3. Justificación de la Representatividad del Muestreo

De acuerdo con lo especificado en la Norma Oficial Mexicana NOM-SEMARNAT-152-SEMARNAT-2006, la cual indica que el inventario realizado deberá tener una confiabilidad mínima del 95% y un error de muestreo máximo del 10% a nivel predial, se tienen varios parámetros estadísticos que nos pueden indicar si un muestreo es suficiente para representar a la población bajo estudio.

Para este caso, se considera el tamaño de muestra (n), que indica el número de sitios necesarios y el error de muestreo (e%), que se refiere al porcentaje de error ocurrido durante dicho muestreo.

Para el cálculo del **error de muestreo** (E) se utilizó la siguiente formula:

$$E\% = \frac{t^2 \mathrm{CV}}{\sqrt{n}}$$

Donde:

t = T de Student.
CV = Coeficiente de variación.
n = Muestra realizadas.
E% = Error del muestreo (%).

Aplicando la formula anterior al muestreo del Proyecto, se obtuvo el siguiente resultado:

$$e = \frac{1.7823^2 * 13.65}{\sqrt{12}} = 7\%$$

Por lo que, podemos inferir que de acuerdo a los datos obtenidos se tiene un error máximo del 7%, siendo mucho menor a lo requerido en la normatividad vigente, cumpliendo de esta manera, con la misma.

Con respecto al **tamaño de muestra**, se utilizó la siguiente formula:

$$\mathrm{n} = \frac{t^2 s^2}{E^2}$$

Donde:

n = Tamaño óptimo de muestra.
$t^2_{(n-1)(\alpha/2)}$ = Valor elevado a cuadrado de t de Student.
s^2 = Varianza de la muestra.
E = Máximo error de muestreo permisible (10%).

Aplicando la formula anterior al muestreo del Proyecto, se obtuvieron los siguientes resultados:

Promedio	Varianza	Desviacion estandar	t de Student	Muestra	Error permitido	Tamaño de muestra
16.41	3.63	1.90	1.7291	12	5.79	12

$$n = \frac{1.7291^2 * 11.60^2}{5.79^2} = 12\ sitios$$

Como podemos observar, aplicando una confiabilidad del 95% y un error permisible del 7%, de acuerdo a la variación del diámetro promedio de los sitios muestreados, y de acuerdo a la fórmula utilizada, se considera suficiente levantar 12 sitios, para el caso del presente estudio, se realizó la misma cantidad requerida (12 sitios), con lo cual, se da cumplimiento a los lineamientos especificados en la NOM-152-SEMARNAT-2006 (Anexo 4.2).

2.6.2.4. Resultados

Con base en el análisis de los datos recabados en los sitios de muestreo, fue posible obtener la estimación del número de individuos por especie, área basal (m²) y volumen total por hectárea (m3vta), para la superficie de cambio de uso de suelo y por hectárea, del arbolado a partir de 5 cm (estrato arbustivo) (Tabla 2. 21) y 10 cm de diámetro (estrato arbóreo) (Tabla 2. 20) (Anexo 4.2).

Tabla 2. 20. Volúmenes a derribar para la selva mediana subperennifolia / vegetación secundaria arbórea. Estrato arbóreo: Arbolado mayor de 10 cm.

Nombre común	Nombre científico	Datos de inventario (6,000 m²)			Promedio / ha		
		Número de individuos	AB m²	M3r VTA	Número de individuos	AB m²	M3r VTA
Alamo	*Ficus cotinifolia*	20	0.42	2.18	33	0.70	3.64
Bojom	*Cordia gerascanthus*	1	0.01	0.05	2	0.01	0.09
Boob (Boichic)	*Coccoloba spicata*	11	0.17	0.94	18	0.28	1.57
Chaca	*Bursera simaruba*	58	1.41	7.34	97	2.36	12.23
Chechem negro	*Metopium brownei*	45	1.30	7.74	75	2.16	12.90
Cocoite blanco	*Gliricidia sepium*	7	0.15	0.78	12	0.25	1.31
Dzidzilche	*Gymnopodium floribundum*	3	0.03	0.13	5	0.05	0.21
Granadillo	*Platymiscium yucatanum*	2	0.02	0.10	3	0.03	0.17
Guaya	*Melicoccus oliviformis*	5	0.05	0.27	8	0.09	0.45
Higo	*Ficus maxima*	1	0.02	0.10	2	0.04	0.17
Jabin	*Piscidia piscipula*	8	0.20	1.07	13	0.33	1.78
K´aatal oox	*Swartzia cubensis*	2	0.04	0.16	3	0.06	0.26
K´anchunup	*Thouinia paucidentata*	15	0.16	0.85	25	0.27	1.41
K'anasín	*Lonchocarpus rugosus*	17	0.23	1.27	28	0.38	2.12
Kitam che´	*Caesalpinia gaumeri*	4	0.08	0.35	7	0.13	0.59
Pata de vaca	*Bauhinia divaricata*	2	0.02	0.07	3	0.03	0.11

Nombre común	Nombre científico	Datos de inventario (6,000 m²)			Promedio / ha		
		Número de individuos	AB m²	M3r VTA	Número de individuos	AB m²	M3r VTA
Pochote	*Ceiba aesculifolia*	1	0.03	0.12	2	0.05	0.21
Ruda	*Diphysa carthagenensis*	4	0.05	0.25	7	0.09	0.41
Silil	*Diospyros tetrasperma*	3	0.03	0.17	5	0.05	0.28
Siricote	*Cordia dodecandra*	1	0.01	0.06	2	0.02	0.09
Subinche	*Mariosousa dolichostachya*	7	0.19	1.03	12	0.31	1.71
Ta´tsi´	*Neea psychotrioides*	23	0.34	1.95	38	0.56	3.25
Taastaab	*Guettarda combsii*	1	0.01	0.04	2	0.01	0.06
Toj yuub	*Coccoloba acapulcensis*	2	0.02	0.08	3	0.03	0.13
Tzalam	*Lysiloma latisiliquum*	53	2.71	13.03	88	4.52	21.72
Uchuche	*Diospyros salicifolia*	16	0.16	0.91	27	0.27	1.52
Uvilla (Bolchiche)	*Coccoloba diversifolia*	8	0.09	0.44	13	0.14	0.73
Xuul	*Lonchocarpus xuul*	44	0.56	3.14	73	0.94	5.23
Ya'axnik	*Vitex gaumeri*	10	0.23	1.17	17	0.38	1.96
Yaiti	*Gymnanthes lucida*	2	0.02	0.13	3	0.04	0.21
Total		**376**	**8.76**	**45.92**	**626**	**14.58**	**76.52**

Tabla 2. 21. Volúmenes a derribar para la selva mediana subperennifolia / vegetación secundaria arbórea. Estrato arbustivo: Arbolado menor de 10 cm.

Nombre común	Nombre científico	Datos de inventario (336 m²)			Promedio / ha		
		Número de individuos	AB m²	M3r VTA	Número de individuos	AB m²	M3r VTA
Boob (Boichic)	*Coccoloba spicata*	2	0.01	0.02	3	0.01	0.03
Chaca	*Bursera simaruba*	4	0.02	0.08	7	0.03	0.13
Chacni	*Calyptranthes pallens*	7	0.02	0.08	12	0.04	0.14
Dzidzilche	*Gymnopodium floribundum*	7	0.03	0.10	12	0.04	0.17
Ekulub	*Drypetes lateriflora*	1	0.00	0.01	2	0.01	0.02
Granadillo	*Platymiscium yucatanum*	1	0.01	0.02	2	0.01	0.04
Guaya	*Melicoccus oliviformis*	2	0.00	0.01	3	0.01	0.02
K´anchunup	*Thouinia paucidentata*	1	0.00	0.01	2	0.01	0.02
Laurelillo	*Nectandra salicifolia*	1	0.00	0.01	2	0.01	0.02
Majagua blanca	*Hampea trilobata*	4	0.01	0.05	7	0.02	0.08
Roble	*Ehretia tinifolia*	1	0.00	0.01	2	0.00	0.02
Silil	*Diospyros tetrasperma*	2	0.01	0.02	3	0.01	0.03
Sip che	*Bunchosia swartziana*	1	0.00	0.01	2	0.00	0.01
Subinche	*Mariosousa dolichostachya*	1	0.00	0.01	2	0.01	0.02
Ta´tsi´	*Neea psychotrioides*	8	0.03	0.12	13	0.05	0.2
Toj yuub	*Coccoloba acapulcensis*	3	0.01	0.05	5	0.02	0.08
Uchuche	*Diospyros salicifolia*	5	0.02	0.10	8	0.04	0.16
Uvas che´	*Ottoschulzia pallida*	2	0.01	0.02	3	0.01	0.04
Uvilla	*Coccoloba diversifolia*	1	0.00	0.01	2	0.00	0.02
Xuul	*Lonchocarpus xuul*	7	0.02	0.09	12	0.04	0.14
Yaiti	*Gymnanthes lucida*	6	0.02	0.08	10	0.04	0.14
Zapotillo	*Pouteria reticulata*	3	0.01	0.03	5	0.01	0.05
Total		**70**	**0.25**	**0.96**	**119**	**0.42**	**1.58**

El volumen total a derribar para la selva media subperennifolia presente en el Proyecto, del arbolado a partir de 5 cm (estrato arbustivo y arbóreo) se presenta en la Tabla 2. 22, esta corresponde a la sumatoria de los resultados obtenidos del promedio por hectárea para la Tabla 2. 20 y Tabla 2. 21, multiplicado por el área solicitada para el cambio de uso de suelo (7.98 ha).

Tabla 2. 22. Volúmenes a derribar para la selva mediana subperennifolia / vegetación secundaria arbórea, para la superficie total solicitada para el cambio de uso de suelo, estrato arbustivo y arbóreo.

Nombre común	Nombre científico	Promedio por ha			Total a derribar en 7.98 ha		
		Número de individuos	AB m^2	M3r VTA	Número de individuos	AB m^2	M3r VTA
Alamo	*Ficus cotinifolia*	33	0.7	3.64	263	5.59	29.05
Bojom	*Cordia gerascanthus*	2	0.01	0.09	16	0.08	0.72
Boob (Boichic)	*Coccoloba spicata*	21	0.29	1.6	168	2.31	12.77
Chaca	*Bursera simaruba*	104	2.39	12.36	830	19.07	98.63
Chacni	*Calyptranthes pallens*	12	0.04	0.14	96	0.32	1.12
Chechem negro	*Metopium brownei*	75	2.16	12.9	599	17.24	102.94
Cocoite blanco	*Gliricidia sepium*	12	0.25	1.31	96	2.00	10.45
Dzidzilche	*Gymnopodium floribundum*	17	0.09	0.38	136	0.72	3.03
Ekulub	*Drypetes lateriflora*	2	0.01	0.02	16	0.08	0.16
Granadillo	*Platymiscium yucatanum*	5	0.04	0.21	40	0.32	1.68
Guaya	*Melicoccus oliviformis*	11	0.1	0.47	88	0.80	3.75
Higo	*Ficus maxima*	2	0.04	0.17	16	0.32	1.36
Jabin	*Piscidia piscipula*	13	0.33	1.78	104	2.63	14.20
K´aatal oox	*Swartzia cubensis*	3	0.06	0.26	215	2.23	11.41
K´anchunup	*Thouinia paucidentata*	27	0.28	1.43	223	3.03	16.92
K'anasín	*Lonchocarpus rugosus*	28	0.38	2.12	223	3.03	16.92
Kitam che´	*Caesalpinia gaumeri*	7	0.13	0.59	56	1.04	4.71
Laurelillo	*Nectandra salicifolia*	2	0.01	0.02	16	0.08	0.16
Majagua blanca	*Hampea trilobata*	7	0.02	0.08	56	0.16	0.64
Pata de vaca	*Bauhinia divaricata*	3	0.03	0.11	24	0.24	0.88
Pochote	*Ceiba aesculifolia*	2	0.05	0.21	16	0.40	1.68
Roble	*Ehretia tinifolia*	2	0	0.02	16	0.00	0.16
Ruda	*Diphysa carthagenensis*	7	0.09	0.41	56	0.72	3.27
Silil	*Diospyros tetrasperma*	8	0.06	0.31	64	0.48	2.47
Siricote	*Cordia dodecandra*	2	0.02	0.09	16	0.16	0.72
Sip che	*Bunchosia swartziana*	2	0	0.01	16	0.00	0.08
subinche	*Mariosousa dolichostachya*	14	0.32	1.73	112	2.55	13.81
Ta´tsi´	*Neea psychotrioides*	51	0.61	3.45	407	4.87	27.53
Taastaab	*Guettarda combsii*	2	0.01	0.06	16	0.08	0.48
Toj yuub	*Coccoloba acapulcensis*	8	0.05	0.21	64	0.40	1.68
Tzalam	*Lysiloma latisiliquum*	88	4.52	21.72	702	36.07	173.33
Uchuche	*Diospyros salicifolia*	35	0.31	1.68	279	2.47	13.41
Uvas che´	*Ottoschulzia pallida*	3	0.01	0.04	24	0.08	0.32
Uvilla	*Coccoloba diversifolia*	15	0.14	0.75	120	1.12	5.99
Xuul	*Lonchocarpus xuul*	85	0.98	5.37	678	7.82	42.85
Yaiti	*Gymnanthes lucida*	13	0.08	0.35	104	0.64	2.79
Ya'axnik	*Vitex gaumeri*	17	0.38	1.96	136	3.03	15.64
Zapotillo	*Pouteria reticulata*	5	0.01	0.05	40	0.08	0.40
48 especies		**745**	**15.00**	**78.10**	**6145**	**122.25**	**638.08**

2.6.2.5. Destino Final de los Productos Resultantes del Cambio de Uso de Suelo

El volumen total estimado que será obtenido del cambio de uso de suelo corresponde a 770.58 m3vta de madera contabilizados a partir de los 5 cm de diámetro. Este volumen de madera será acumulado en un área temporal, para posteriormente, por medio de maquinaria especializada (astilladoras), sea triturado y almacenado de forma temporal, hasta que sea requerido su uso como sustrato orgánico para las áreas verdes del Proyecto.

Figura 2. 33. Ejemplificación de la trituración de los residuos vegetales.



2.6.3. Estimación Económica de los Recursos Biológicos Forestales del Área Sujeta al Cambio de Uso de Suelo

De acuerdo a la fracción XLVI del artículo 7 de la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable, los recursos biológicos forestales: comprende las especies y variedades de plantas, hongos y microorganismos de los ecosistemas forestales y su biodiversidad y en especial aquellas para la investigación.

La diversidad biológica de todo ecosistema se refiere a los diferentes organismos vivos existentes en cualquier medio ambiente específico, a las diferencias genéticas de cada especie y su combinación e interacción en un complejo ecológico determinado.

2.6.3.1. Estimación del Valor Económico de Recursos Forestales Maderables

La selva mediana presente en área del proyecto de acuerdo a la cartografía de uso del suelo y vegetación de la serie VII, INEG 2021 y las observaciones realizadas, este tipo de vegetación cubre el 100% de la totalidad del predio y corresponde a una sucesión secundaria arbórea derivada de la selva mediana subperennifolia (es decir selva mediana subperennifolia/vegetación secundaria arbórea) y que fue seriamente modificada por diferentes actividades a través de los años como la agropecuaria. Misma que fue abandonada hace muchos años, por lo que desde entonces ha prosperado una asociación selvática. No obstante, esta misma ha sido objeto de modificaciones de carácter natural debido a los efectos de los distintos fenómenos atmosféricos de tipo extraordinario que se han manifestado en la región (Beulah, 1967, Gilberto, 1988, Wilma 2005, entre otros). De esta manera, se considera que este ecosistema en si corresponde a una fase o etapa sucesional avanzada de recuperación de una vegetación de características más alta y con elementos de tipo corpulento que se observan de forma aislada como es el caso del chicozapote (*Manilkara zapota*). Por otra parte, la superficie que se afectara para el establecimiento del proyecto es de 7.98 hectáreas.

A diferencia de los parámetros de altura que se manifiestan en la serie VII, INEG 2021, para este tipo de vegetación esta se ha definido como selva mediana debido a que tiene una dominancia de elementos que alcanzan entre 8 y los 10 m, de altura y posiblemente existen árboles un poco más altos que sobresalen del dosel, así mismo sea aplicado el término subperennifolia debido a que entre el 25 al 50% de las especies tiran sus hojas durante la temporada seca del año (Pennington y Sarukhán 1968)

Esta asociación vegetal en el área de estudio se constituye como una comunidad de tipo arbóreo-arbustiva, la altura en general varía entre los 8 y 10 m. En general, presenta una estructura semi abierta en donde la gran mayoría de los elementos arbóreos que la integran se ubican dentro de las categorías de 5 a 40 cm de DAP y con árboles mucho más corpulentos, pero de tipo aislado, como es el caso del chicozapote entre otros. De acuerdo al listado florístico presentado por estratos, esta asociación se caracteriza por la presencia de almenos 48 especies distribuidas en 25 familias sobresaliendo las especies perennifolias como la guaya (*Melicocus oliviformis)* y chicozapote (*Manilkara zapota)* entre otros. Además de aquellos elementos caducifolios como son el chaca (*Bursera simaruba),* el chechem (*Metopium brownei*), el jabin (*Piscidia piscipula*), yaxnic (*Vitex gaumeri*), entre otros.

Esta asociación presenta un estrato medio-alto (arbóreo) de entre 5 a 10 m de altura en donde se observan individuos de las especies de, xul (*Lonchocarpus Xuul*), chechem (*Metopium brownei)*, chaca (*Bursera simaruba*), guaya (*Melicoccus oliviformis*), jabin *(Piscidia piscipula)* tzalam (*Lysiloma latisiliquum*) entre otros, así también el ficus (*Ficus conifolia*) que generalmente se presenta con dos o tres individuos por surco. La estructura horizontal se complementa con un estrato arbustivo entre 3.1 a 4.9 m, con presencia de especies como, dzisilche (*Gymnopodium floribundun*), akitz (*Cascabela gaumeri*), majagua blanca (*Hampea trilobata*) palma chit (*Thrinax radiata*) y nakas (*Coccothrinax readii*) entre otros, finalmente se tiene el estrato herbáceo-arbustivo que va de nivel del suelo hasta los 2.9 mts compuesto por la regeneración de los adultos presente además del tulipán *(Malvaviscus arboreus),* palma xiat *(Chamaedorea seifrizii*), chilar (*Rivina humilis*), *y* la presencia de bejucos como el sac ak (*Cydista potosina*),y el yax ak (*Arrabidea podopogon*) entre otros.

Una característica adicional de esta vegetación es la poca presencia de las palmas chit (*Thrinax radiata*) y nakas (Coccothrinax readii) especie considerada por la NOM-059-SEMARNAT-2010 como amenazadas no endémica.

En relación a las epifitas, es importante mencionar para el conjunto de predios de proyecto en específico, durante los recorridos para la toma de datos de vegetación no se observó la presencia de orquídeas y/o bromelias, ya que posiblemente no reúne las condiciones de humedad para su establecimiento.

Los factores físicos que condicionan la distribución de esta asociación corresponden a la presencia de suelos ligeramente evolucionados, rocosos, así como presencia de materia orgánica en descomposición. El suelo en el área es de tipo tzekel (*Litosol-Rendzinas*), con afloramiento de roca, por lo que presenta muy fácil drenaje aún durante la época lluviosa del año.

A pesar de las consideraciones antes referidas, debe mencionarse, que este tipo de vegetación de acuerdo a la normatividad vigente sigue siendo una asociación forestal con grado de selva (vegetación secundaria arbórea em proceso de recperacion) por lo que el resto de la vegetación natural (2.66 hectareas) se mantendrá como área natural. la Tabla 2.23.

Tabla 2.23. Clasificación para la valoración económica.

Estrato arbóreo			
#	**Nombre común**	**Especie**	**Familia**
1	Alamo	*Ficus cotinifolia*	Moraceae
2	Bojom	*Cordia gerascanthus*	Boraginaceae
3	Boob (Boichic)	*Coccoloba spicata*	Polygonaceae
4	Chaca	*Bursera simaruba*	Burseraceae
5	Chacni	*Calyptranthes pallens*	Myrtaceae
6	Chechem negro	*Metopium brownei*	Anacardiaceae
7	Cocoite blanco	*Gliricidia sepium*	Fabaceae
8	Ekulub	*Drypetes lateriflora*	Euphorbiaceae
9	Granadillo	*Platymiscium yucatanum*	Fabaceae
10	Guaya	*Melicoccus oliviformis*	Sapindaceae
11	Higo	*Ficus maxima*	Moraceae
12	Jabin	*Piscidia piscipula*	Fabaceae
13	K´aatal oox	*Swartzia cubensis*	Fabaceae
14	K´anchunup	*Thouinia paucidentata*	Sapindaceae
15	K'anasín	*Lonchocarpus rugosus*	Fabaceae
16	Kitam che´	*Caesalpinia gaumeri*	Fabaceae
17	Laurelillo	*Nectandra salicifolia*	Lauraceae
18	Pochote	*Ceiba aesculifolia*	Bombacaceae
19	Roble	*Ehretia tinifolia*	Boraginaceae
20	Ruda	*Diphysa carthagenensis*	Rutaceae
21	Silil	*Diospyros tetrasperma*	Ebenaceae
22	Sip che	*Bunchosia swartziana*	Malpighiaceae
23	Siricote	*Cordia dodecandra*	Boraginaceae

24	Subinche	*Mariosousa dolichostachya*	Fabaceae
25	Ta´tsi´	*Neea psychotrioides*	Nyctaginaceae
26	Taastaab	*Guettarda combsii*	Rubiaceae
27	Toj yuub	*Coccoloba acapulcensis*	Polygonaceae
28	Tzalam	*Lysiloma latisiliquum*	Fabaceae
29	Uchuche	*Diospyros salicifolia*	Ebenaceae
30	Uvas che´	*Ottoschulzia pallida*	Metteniusaceae
31	Uvilla (Bolchiche)	*Coccoloba diversifolia*	Polygonaceae
32	Xuul	*Lonchocarpus xuul*	Fabaceae
33	Ya'axnik	*Vitex gaumeri*	Lamiaceae
34	Yaiti	*Gymnanthes lucida*	Euphorbiaceae
35	Zapotillo	*Pouteria reticulata*	Sapotaceae
Estrato arbustivo			
#	**Nombre común**	**Especie**	**Familia**
1	Akitz	*Cascabela gaumeri*	Apocynaceae
2	Dzidzilche	*Gymnopodium floribundum*	Polygonaceae
3	Pata de vaca	*Bauhinia divaricata*	Fabaceae
	Majagua blanca	*Hampea trilobata*	Malvaceae
5	Chit	*Thrinax radiata*	Arecaceae
6	Nakas	*Coccothrinax readii*	Arecaceae
7	Guano	*Sabal yapa*	Arecaceae
Estrato herbáceo			
#	**Nombre común**	**Especie**	**Familia**
1	Sac ak	*Bignonia potosina*	Bignoniaceae
2	chilar	*Rivina humilis*	Phytolaccaceae
3	Xnantus	*Ichnanthus lanceolatus*	Poaceae
4	Yax ak	*Arrabidaea podopogon*	Bignoniaceaee
5	Xiat	*Chamaedorea seifrizii*	Arecaceae
6	Paulinia	*Paullinia pinnata*	Sapindaceae

Un recurso biológico frecuentemente tiene varios valores económicos simultáneamente. El caso de una selva o bosque es ilustrativo. Se puede valorar por su producción maderera (valor de uso directo); por la protección del acuífero y el suelo, por su contribución a la calidad del aire, por los servicios de auto sostenimiento para la riqueza biótica que contiene (valores de uso indirecto).

Las especies que se localizan en el sistema pueden tener usos potenciales futuros en alimentos, productos farmacéuticos o nuevas materias primas (valor de opción), y su conservación puede ser un bien en sí mismo para los individuos (valor de existencia) o por poderlos legar a sus descendientes (valor de herencia).

Es de notarse que los valores de uso directo pueden ser positivos o negativos con relación a la conservación del recurso, mientras que el resto de los valores tiene una connotación positiva casi siempre, particularmente.

Los usos extractivos concentran el impacto humano sobre los recursos naturales.

En consecuencia, como ecosistema, la selva o el bosque ofrece recursos y servicios ambientales a la sociedad de acuerdo con Perrings et al. (1995), estos recursos y servicios se pueden clasificar en:

- Regulatorios (por ejemplo, control de la erosión)
- De producción (madera)
- De medio (auto conservación) y
- De información (investigación científica)

De forma particular y desde el punto de vista del aprovechamiento forestal, podemos mencionar que esta actividad ha estado ligada desde sus inicios a la rentabilidad económica tanto de los predios particulares como los ejidos, tal es el caso que en la actualidad quienes poseen vegetación de selva y aun no contando con especies preciosas, tienen la posibilidad de comercializar legalmente una serie de productos como madera dura en rollo o aserrada, así como para construcciones de palapas turísticas (palizada).

Para el predio donde se establecerá el nuevo proyecto, se puede decir que desde el punto de vista económico-forestal cuenta con especies maderables con características forestales de diámetros y alturas susceptibles de ser aprovechadas ya que corresponde a una asociación vegetal de selva mediana con vegetación secundaria arbórea.

De forma general, aun cuando se han descrito las características de este tipo de vegetación, si se tuviera la oportunidad de comercializar de acuerdo a las especificaciones del mercado, estas se clasificarían como palizada y se podría obtener de esta actividad una percepción económica como se detalla a continuación:

Palizada

Tabla 2.24. Estimación económica de los volúmenes a derribar por la superficie total (Resumen de volúmenes a derribar por el CUST en una superficie de 7.98 has)

Lote	Superficie CUSF (Ha)	No. Especies	No. De ind.	AB m2	Vol. M3vta
13 y 32	**7.98**	38	6145	122.25	638.08
Total			**6145**	**122.25**	**638.08**

Tabla 2.25. Estimación económica de los volúmenes a derribar (palizada).

Tipo de vegetación	Superficie a afectar en has	Volumen a Derribar m^3 vta	Uso del recurso	Costo por M^3	Valor total en pesos
Selva mediana con vegetación secundaria	7.98	638.08	Palizada	450.00	287,136.00
Total					**$287,136.00**

2.6.3.2. Estimación del Valor Económico de Recursos Forestales no Maderables

Palmas y otras especies consideradas en la Norma Oficial

La comercialización de la flora silvestre en la región no se encuentra regulada y los esfuerzos de estas acciones se encuentran enfocados en las especies que se encuentran bajo estatus de acuerdo a la Norma Oficial (NOM-059-SEMARNAT -2010).

En el conjunto de pedios se observa de forma dispersa dos especies de palmas: palma chit (*Thrinax radiata*), y palma nakas (*Coccothrinax readii*) que se encuentran en la NOM-059-SEMARNAT-2010. La producción y comercialización de estas especies protegida poco a poco va encontrado valor en el mercado a través del esquema de regulación llamado Unidades de Manejo Ambiental de flora y fauna silvestre (UMA).

Para el caso de estas especies, en atención a la NOM-059-SEMARNAT-2010 se realizó un levantamiento general en cada sitio de muestreo contabilizándose todos los individuos ya que se les observa muy dispersa y con poca presencia en el predio, por otra parte a consideración de la empresa promovente se presenta en la siguiente tabla un número aproximado del total de individuos de estas especies que son de interés para su rescate y que si se tuviera la oportunidad de comercializarlo se tendría un percepción económica siguiente:

Tabla 2.26. Estimación económica de las palmas.

Especie	Nombre común	Total, a afectar En 7.98 has	Costo por planta	Valor total en pesos
Chit	*Thrinax radiata*	196	150	29,400
Nakas	*Coccothrinax readii*	80	150	12,000
Total				**$41,400.00**

Plantas de interés y ornato

Otras especies nativas que pueden ser de uso ornamental en la región y que se encuentran presentes en el predio y que en estos casos también serán afectados en la zona del proyecto, para estas al igual que las palmas se realizó un levantamiento general en cada sitio de muestreo contabilizándose en su totalidad por lo que de forma general se presenta en la siguiente tabla un número aproximado del total de individuos de dichas especies y que si estos fueran comercializados se tendría un percepción económica siguiente:

Tabla 2.27. Estimación económica de las plantas de ornato y/o de interés para su aprovechamiento.

Nombre común	Especie	Total a afectar En 7.98 has	Costo por planta	Valor total en pesos
Chacá	*Bursera simaruba*	279	150	41,850
Cocoite blanco	*Gliricidia maculata*	160	150	24,000
Guaya	Melicoccus oliviformis	160	150	24,000
Alamo	*Ficus cotinifolia*	80	150	12,000
Higo	*Ficus maxima*	80	150	12,000
Siricote	*Cordia dodecandra*	80	150	12,000
Akitz	*Cascabela gaumeri*	80	150	12,000
Dzidzilche	*Gymnopodium floribundum*	80	150	12,000
Guano blanco	*Sabal yapa*	80	150	12,000

Nombre común	Especie	Total a afectar En 7.98 has	Costo por planta	Valor total en pesos
Majagua blanca	*Hampea trilobata*	80	150	12,000
Pata de vaca	*Bauhinia divaricata*	80	150	12,000
Palma xiat	*Chamaedorea zeifrizii*	80	150	12,000
Xnantus	*Ichnanthus lanceolatus*	80	150	12,000
Total				**$209,850.00**

Obtención de carbón vegetal

Esta actividad es el resultado de la transformación de la madera en rollo, producto del desmonte que en la gran mayoría de los predios tanto particulares como ejidales se desarrolla cuando estos son desmontados para el desarrollo de diversas actividades. Es importante mencionar, que el consumo de este producto continúa siendo una práctica común en una gran parte del mundo, ya que este recurso forma parte de unos de los principales insumos para la obtención de energía básica que permite satisfacer las necesidades de las poblaciones sobre todo en el medio rural y en la periferia de las grandes ciudades.

Tomando en consideración que el volumen resultante del cambio de uso de suelo del proyecto es de 638.08 m^3r vta de madera en rollo y que de acuerdo a los estudios realizados en el Estado en relación de la equivalencia de m^3/toneladas de carbón. Se tiene que por cada 5.84 m^3 de madera en rollo, se puede obtener 1 tonelada de carbón y que el costo de este producto es de 3,000.00 pesos por tonelada. Por lo que en este caso si este volumen fuera comercializado se tendría una percepción económica siguiente:

Tabla 2.28. Estimación económica del carbón vegetal.

Concepto	Total, a afectar 11.4022 has	Costo por tonelada	Valor total en pesos
Carbón vegetal	109.26 ton	3,000	327,780
Total			**$327,780**

Obtención de tierra vegetal

Para el caso del tramo Playa del Carmen – Puerto Morelos y en particular, para el Proyecto se reconoce la distribución de una sola asociación de suelo y que está integrada por aquellos del tipo (I+E/2) Litosol más Rendzina de textura media. Para este tipo de suelo se debe mencionar que se observa afloramiento de roca distribuida en forma regular con presencia de una pequeña capa de materia orgánica sobre la cual se ha establecido la vegetación de selva.

Estos suelos presentan altas restricciones para su utilización con propósitos agrícolas debido a su escaso espesor y su abundante pedregosidad que afectan el crecimiento de las plantas. Sin embargo, presentan buen drenaje que favorece la infiltración del agua.

En este caso, y para hacer una estimación del valor económico, se ha considerado el cálculo de la superficie a afectar y el volumen correspondiente de tierra vegetal. Para el área del Proyecto, se observa una capa de suelo de alrededor de 3 cm. No obstante, este volumen no puede ser extraído debido a la microtopografía existente en el terreno, la cual presenta una alta densidad de fragmentos rocosos y afloramientos del sustrato donde la cobertura de suelo es prácticamente ausente, por lo que se ha considerado una capa de alrededor de 1 cm en promedio. Si este volumen fuera comercializado se tendría aproximadamente 10 m^3 de suelo por hectárea, por lo que se tendría la percepción económica que se presenta en la Tabla 2.29.

Tabla 2.29. Estimación económica de la tierra vegetal.

Concepto	Volumen total por afectar en 7.98 ha	Costo por m^3 MXN	Valor total en MXN
Tierra vegetal	79.8 m^3	250.00	19,950
Total			**$19,950**

El valor económico total estimado para las especies de vegetación no maderables en los diferentes estratos que se verán afectadas con el cambio de uso de suelo en terrenos forestales, se calcula en una cantidad de **$598,980.00 (Quinientos noventa y ocho mil novecientos ochenta pesos 00/100 M.N.).**

2.6.3.3. Estimación del Valor Económico de los Recursos Faunístico

En general para la fauna, posee desplazamiento propio y que responde al menor ruido posible, por lo que es lógico de pensar que el movimiento del personal aunado al ruido ocasionado por la maquinaria ocasionará que esta se desplace a las zonas aledañas en donde no represente mayor riesgo.

Se registraron 27 especies en total, mayormente representadas por las aves con un 56%, seguido por los mamíferos con un 18%, mientras que los reptiles están representados por 25% y finalmente los anfibios es el grupo con menor incidencia con un 11%.

Tabla 2.30. Estimación económica del recurso faunístico por estrato.

#	Nombre Científico	Nombre Común	Individuos a afectar	Costo por Ind	Valor Total en Pesos
Aves					
1	*Eumomota supersiliosa*	Mot mot	1	300	300
2	*Eupsittula nana*	Perico pecho sucio	6	500	3,000
3	*Zenaida asiatica*	Paloma alas blancas	5	200	1,000
4	*Cyanocorax yucatanicus*	Chara azul	12	300	3,600
5	*Icterus auratus*	Bolsero yucateco	3	300	900
6	*Quiscalus mexicanus*	Zanate	16	200	3,000
7	*Megarynchus pitangua*	Luis pico grueso	3	300	900
8	*Chlorostilbon canivetii*	Colibrí esmeralda	2	200	400
9	*Tyrannus couchi*	Tirano silvador	7	200	1,400
10	*Minus gilvus*	Cenzontle tropical	9	300	2,700
11	*Cathartes aura*	Zopilote cabeza roja	4	200	800
12	*Melanerpes aurifrons*	Carpintero cheje	2	300	600
13	*Pitangus sulphuratus*	Luis bienteveo	4	300	1,200
14	*Ortalis vetula*	Chachalaca	7	300	2,100
15	*Crotophaga sulcirostris*	Garrapatero	6	200	1,200
	Subtotal		**87**		**23,200**

#	Nombre Científico	Nombre Común	Individuos a afectar	Costo por Ind	Valor Total en Pesos
Mamíferos					
1	*Procyon lotor*	Mapache	1	250	250
2	*Didelphis marsupialis*	Tlacuache	3	300	900
3	*Nasua narica*	Tejón	9	500	4,500
4	*Sciurus yucatanensis*	Ardilla yucateca	3	200	600
5	*Urocyun cinereoargenteus*	Zorra gris	1	1,500	1,500
Subtotal			**17**		**7,750**

#	Nombre Científico	Nombre Común	Individuos a afectar	Costo por Ind	Valor Total en Pesos
Reptiles					
1	*Ctenosaura similis*	Iguana rayada	3	200	600
2	*Basiliscus vittatus*	Tolock	8	150	1,200
3	*Boa imperator*	Boa	2	500	1,000
4	*Oxybeles fulgidus*	Bejuquilla	1	300	300
Subtotal			**14**		**3,100**

#	Nombre Científico	Nombre Común	Individuos a afectar	Costo por Ind	Valor Total en Pesos
Reptiles					
1	*Leptodactylus melanonotus*	Ranita de hojarasca	2	100	300
2	*Smilisca baudinii*	Rana trepadora	2	100	300
3	*Bufonidae"*	Rhinella marina	4	100	400
Subtotal			**8**		**800**
Total			**126**		**34,850**

El valor económico total estimado para las especies de fauna silvestre identificadas en los diferentes estratos que se verán afectadas con el cambio de uso de suelo en terrenos forestales del Proyecto se calcula en una cantidad de **$34,850 (Treinta y cuatro mil ochocientos cincuenta pesos 00/100 M.N.)**.

2.6.3.4. Estimación del Valor Económico de los Servicios Ambientales

2.6.3.4.1. Costo de Compensación por el Cambio de Uso de Suelo por Hectárea

En relación a los costos de referencia de compensación por la pérdida de la vegetación por el cambio de uso de suelo en los terrenos forestales, para el tipo de vegetación presente en el área del Proyecto, correspondiente a zona ecológica tropical, se considera un costo de referencia de $18,363.30 pesos por hectárea[8] (Tabla 2. 31), y considerando que la superficie para el cambio de uso del suelo para la ejecución del presente Proyecto es de 7.98 ha, resulta un costo de compensación por el cambio de uso de suelo de **$146,539.13 (ciento cuarenta y seis mil quinientos treinta y nueve pesos 13/100 M.N.)**.

Tabla 2. 31. Costos de referencia para las diferentes zonas ecológicas.

Costos de referencia, en pesos por hectárea, para las diferentes zonas ecológicas				
Templada	**Tropical**	**Árida y semiárida**	**Zona inundable o transición tierra mar (humedales)**	
26,508.95	18,363.30	14,002.49	**Manglares**	**Otros Humedales**
			59,992.23	188,556.75

2.6.3.4.2. Captura de Carbono

Los ecosistemas que retiran dióxido de carbono de la atmósfera son conocidos bajo el nombre de sumideros, los cuales lo almacenan en compuestos orgánicos que conforman la biomasa y la materia orgánica. Cuando los mismos cumplen con su ciclo de vida caen al suelo, se descomponen e incorporan al mismo y constituyen una de las formas de mitigación del efecto invernadero (Martino, 2000). Los ecosistemas forestales pueden absorber cantidades significativas de bióxido de carbono (CO2), principal gas de efecto invernadero (GEI). El dióxido de carbono presente en la atmósfera es absorbido por las plantas, a través del proceso de fotosíntesis. Por este medio, las plantas convierten la energía de la luz solar en energía química aprovechable para los organismos vivos.

En este sentido, las selvas o bosques almacenan grandes cantidades de carbono (C) en la vegetación y el suelo; además de que los intercambian con la atmósfera a través de la fotosíntesis y la respiración. Como producto de este hecho, en las últimas décadas ha surgido un interés considerable por incrementar el contenido de carbono (C) en la vegetación terrestre mediante la conservación forestal, la reforestación, la agroforestería y otros métodos de manejo del suelo. La captación de carbono y su almacenamiento en los bosques y al mismo tiempo la liberación de éste y su impacto en el calentamiento global, tienen un valor que excede el ámbito nacional, cuestión puesta en alto relieve por la Convención Marco del Cambio Climático de la Naciones Unidas.

[8] Diario Oficial de la Federación. 31 de julio de 2014. ACUERDO mediante el cual se expiden los costos de referencia para reforestación o restauración y su mantenimiento para compensación ambiental por cambio de uso de suelo en terrenos forestales y la metodología para su estimación.

Las estimaciones del almacenamiento y de la liberación de carbono dependen principalmente del tipo de bosque, del cambio en el uso del suelo, de la edad del bosque y del tipo de ecosistema (cerrado o abierto). El carbono captado y almacenado por el bosque tiene un valor ambiental positivo, mientras que su liberación a través de la quema acarrea daños ambientales al propiciar el calentamiento atmosférico global.

El valor de depósito de carbono en los bosques y selva ha sido valorado por Muñoz (1994) [9] y los costos se muestran en la siguiente tabla (Tabla 2.32).

Tabla 2.32. Valor del depósito de carbono por hectárea (USD) (Muñoz, 1994)[10].

Bosque Templado Caducifolio	Bosque Tropical Caducifolio	Bosque Templado	Bosque Tropical Siempre Verde
600	1,800	3,000	3,600

En este caso, el ecosistema que se distribuye en el inmueble del proyecto ha sido clasificado como Bosque tropical perennifolio secundario. Por lo que con base en los estimados que se presentan en la tabla anterior, el depósito de carbono que propician los recursos forestales del área de cambio de uso de suelo les corresponde un valor de $ 3,600 dólares por hectárea. Así que las 7.98 ha de cambio de uso de suelo que se solicitan a través del presente documento tendría un valor de 28,728 dólares, (considerando el tipo de cambio a $ 18.44 pesos al 24 de septiembre de 2025) se tiene un costo de **$ 529,744.32 MXN (quinientos veinte nueve mil setecientos cuarenta y cuatro pesos 32/100 M.N.)**.

De acuerdo con la propuesta de Muñoz (op cit), este tipo de estimación de incluir una valoración de los costos de la liberación de carbono, misma que en muchas situaciones aún se realiza bajo el sistema Roza-Tumba-Quema, proceso a través del cual se transfiere a la atmósfera el Carbono almacenado. En este caso, en la siguiente tabla se muestran los costos que pudieran implicar el costo medido en carbono liberado por la transformación de un bosque tropical.

Tabla 2.33. Pérdidas por cambio de suelo por hectárea (CSERGE, 1993).

TIPO DE BOSQUE	CAMBIO DE USO DE SUELO (EN DÓLARES)	
	PASTURA PERMANENTE	AGRICULTURA
Templado caducifolio	693	1,887
Tropical caducifolio	3,436	3,633
Templado conífero	643	1,863
Tropical siempre verde	**3,410**	**3,337**

Partiendo de lo anterior, los costos de reparación de daños por convertir las 7.98 ha de cambio de uso de suelo a un pastizal tendría un costo estimado de 3,410 dólares por hectárea, es decir, correspondería a $ 27,211.80 dólares de acuerdo al tipo de cambio referido de $18.44 pesos al 24 de septiembre de 2025), se tiene un costo de $ 501,785.59 pesos.

[9] Muñoz, P.C. 1994. The Economic Value of Mexican Biodiversity. O'Toole R. y K. Hess Jr., Incentives for Protecting Northamerican Biodiversity, vol. 1, núm. 3. Oregon.
[10] Muñoz, P.C. 1994. The Economic Value of Mexican Biodiversity. O'Toole R. y K. Hess Jr., Incentives for Protecting Northamerican Biodiversity, vol. 1, núm. 3. Oregon.

2.6.3.4.3. Pérdida de suelo

La erosión es el proceso que, causando la pérdida neta de suelo, crea una reducción de los servicios ambientales ofrecidos por él. Los servicios ambientales llevados a cabo por el suelo van mucho más allá de la mera producción agrícola. El suelo es el primer receptor de los residuos urbanos, el filtro natural de las aguas de lluvia, un abastecedor de materia prima en varios procesos industriales, el lugar donde se desarrollan una multitud de procesos físicos, químicos y biológicos indispensables para la vida.

De acuerdo con lo anterior, la cuantificación del servicio regulación de la erosión se mide a través de la cantidad física de pérdida de suelo al momento de hacer la evaluación por hectárea. Por lo que los valores pueden estimar a partir de la ecuación de erosión del suelo propuesta por Vásquez-Navarrete (2011)[11].

$$Re = Dap,* Ue * 104$$

Donde:

Re = Pérdida física del suelo (Mg ha-1);
Dap = Densidad aparente en (Mg m-3);
Ue = Profundidad del suelo perdido por efecto erosión (m);
104 = Constante para transformar a Mg ha-1.

Asimismo, y de acuerdo con los datos antes referidos, la valoración económica de la regulación de la erosión, se puede obtener mediante la siguiente expresión:

$$VRe = Re * Sue • Pre$$

Donde:

VRe = Valor económico de la pérdida del suelo (dólares);
Sue = La superficie con el servicio ecosistémico (ha);
Pre = Precio por Mg de suelo (dólares Mg-1).

Los resultados de la predicción de la pérdida de suelo para antes y después de la remoción de la vegetación en la zona de estudio se muestran en siguiente Tabla 2.34, la metodología y desarrollo de esta estimación se presenta en el Capítulo 6 del presente DTU-BP.

Tabla 2.34. Cálculo de la erosión durante las etapas del Proyecto.

Etapa	Superficie a afectar	R	K	LS		C	P	Ton/Ha	Total 7.98 has
Situación actual (sin proyecto)	7.98	13,069.92	0.02	0.0552	0.0582	0.10	1	0.1482	1.1831
Situación con proyecto y sin practicas antierosivas	7.98	13,069.92	0.02	0.0552	0.0582	0.10	1	14.8244	118.3060
Situación con proyecto y practicas antierosivas	7.98	13,069.92	0.02	0.0552	0.0582	0.10	1	1.4824	11.8306

[11] Vázquez Navarrete, C.J., E.E. Mata, D.J. Palma, G. Márquez, A. López. 2011. Valoración Económica de los Bienes y Servicios Ambientales en Zonas con Influencia Petrolera en Tabasco, Secretaría de Recursos Naturales y Protección Ambiental. Villahermosa, Tabasco, México. 100 p.

Por lo anterior se tiene:

$$Re = 13.06992 * 1.6 * 1 = 20.911872$$

$$VRe = 20.911872 *7.98 * 29 = 4,839.42 \text{ dólares.}$$

La evaluación económica de la regulación de la erosión de suelo se realiza mediante la técnica de costo de sustitución. En este sentido, el precio de referencia internacional de este servicio oscila entre 29 - 245 USD ha-' año-'. El costo en moneda nacional de esta valoración sería del orden de los **$ 89,238.90 MXN (ochenta y nueve mil doscientos treinta y ocho pesos 90/100 M.N.)**, (considerando el tipo de cambio a $ 18.44 pesos al 24 de septiembre de 2025). Además, y en este caso, se ha optado por el mínimo valor de proceso erosivos ya que la región es considerada como "sin degradación aparente" (SEMARNAT, 2008).

2.6.3.4.4. Valoración de los servicios Ambientales Hidrológicos

Para llevar a cabo la estimación económica indirecta de estos servicios, se tomaron como base los valores que presenta la Comisión Nacional Forestal (CONAFOR) en sus reglas de Operación del Programa Nacional Forestal 201612, en relación al concepto de pago por el concepto de apoyo por los Servicios Ambientales Hidrológicos en el área 1, misma que es correspondiente con las Áreas Naturales Protegidas y Zonas Núcleo. Por lo que, en este caso, el pago es correspondiente a un valor de hasta $ 1,100.00/Ha. De esta manera, en la siguiente tabla se presenta la valoración indirecta del costo de los recursos que se habrán de derivar por el cambio de uso de suelo del proyecto.

Tabla 2.35. Valoración económica indirecta a partir del valor de los servicios ambientales que presta la vegetación que se desarrolla al interior del predio.

Concepto	Costo unitario	Unidad	Superficie de afectación (ha)	Costo total del recurso biológico
Servicios ambientales Hidrológicos	$ 1,100	Hectárea	7.98	**$ 8,778**

Debido a que la superficie que será desmontada para el desarrollo del proyecto corresponde con 7.98 has, el costo estimado mediante la valoración indirecta de los recursos hidrológicos que pudieran ser afectados por el cambio de uso de suelo asciende a $ 8,778 pesos.

Tabla 2.36. Resumen de la estimación de los recursos biológicos forestales (Flora y fauna) y servicios ambientales.

Recurso	Total a afectar por cambio de uso de suelo	Valor total en pesos
Palizada	**7.98 hectáreas**	287,136.00
Palmas y especies protegidas		41,400.00
Plantas de interés y de ornato		209,850.00
Carbón vegetal		327,780.00
Tierra vegetal		19,950.00
Fauna		34,850.00

[12] Diario Oficial de la Federación del 31 de diciembre de 2015. REGLAS de Operación del Programa Nacional Forestal 2016. (Continúa de la Sexta Sección)

Recurso	Total a afectar por cambio de uso de suelo	Valor total en pesos
Servicios ambientales (Suelo)		891,238.90
Servicios ambientales (Carbono)		529,744.32
Servicios hidrológicos (Agua)		8,778.00
Total		**$2'350,727.22**

2.6.3.4.5. Valorización monetaria de los recursos biológicos forestales y de los servicios ambientales que éstos prestan actualmente en el área de interés y en el SA

El desarrollo sustentable tiene como premisa el equilibrio entre la actividad económica, los sistemas biofísicos y la calidad de vida de la sociedad. Mantener ese equilibrio implica conocer y dar valor a los costos y efectos negativos, así como a los beneficios, que se producen por la selección de las actividades económicas y los patrones de consumo relacionados con la diversidad biológica. La valoración monetaria es un instrumento necesario para conocer de manera cuantitativa el valor de los recursos biológicos forestales y de los servicios ambientales del área, la correcta valoración de los recursos naturales y sus usos permitirá una correcta evaluación del proyecto que se pretende desarrollar, asimismo, es la capacidad social de medir los beneficios que presta la naturaleza y los costos presentes y futuros de su degradación o agotamiento, así como la adquisición de una conciencia social y una actitud responsable ante la conservación de los recursos naturales, para realizar el cálculos de los valores se tienen diversas clasificaciones aunque para el caso del presente proyecto se propone la clasificación de valores de acuerdo a Munasinghe M. y E. Lutz (1993) , adaptado por Perrings, C. et al., 1995 y Gobierno de México y Banco Mundial, 1995.

Tabla 2.37. Valores económicos.

VALOR ECONOMICO TOTAL (VET)				
Valor de uso			*Valor de no uso*	
directo	***indirecto***	***de opción***	***de herencia***	***de existencia***
Bienes que pueden ser consumidos directamente (tangibles):	Beneficios derivados de las funciones ecológicas (servicios):	Usos futuros directos e indirectos (bienes y servicios):	Derivado del deseo de que futuras generaciones puedan beneficiarse de cierta dotación de los recursos naturales:	Derivado de la satisfacción de saber que existe un determinado ecosistema:
* Productos maderables	* Paisaje, belleza escénica, recreación, educación	* Conservación de la biodiversidad	* Conservación de la biodiversidad	* Especies en peligro de extinción
* Productos no maderables (alimento, fibras, semillas)	* Fijación de carbono atmosférico	* Conservación de hábitat	* Cambios irreversibles	* Conservación de la biodiversidad
* Agua	* Conservación de suelos			* Conservación de hábitat
	* Reciclaje de nutrientes			* Recreación, educación y cultura
	* Servicios hidrológicos			
	* Reducción de la contaminación del aire			

Para el caso específico del proyecto se consideran analizar el Valor de uso directo e indirecto. Con respecto a las estimaciones de los costos económicos de los Valores se consideraron los siguientes datos de acuerdo a los recursos existentes en el predio.

VALOR DE USO DIRECTO

El valor de uso directo reconoce de manera inmediata a través del consumo del recurso biológico (alimentos, producción de madera; la explotación pesquera; la obtención de carne, pieles y otros productos animales y vegetales; la recolección de leña, y el pastoreo del ganado, entre otras) o de su recepción por los individuos (ecoturismo, actividades recreativas). Para el caso del predio se consideraron los siguientes valores:

Tabla 2.38. Resumen de la estimación de los recursos biológicos forestales (Flora y fauna) y servicios ambientales.

Recurso	Total a afectar por cambio de uso de suelo	Valor total en pesos
Palizada	**7.98 hectáreas**	287,136.00
Palmas y especies protegidas		41,400.00
Plantas de interés y de ornato		209,850.00
Carbón vegetal		327,780.00
Tierra vegetal		19,950.00
Fauna		34,850.00
Servicios ambientales (Suelo)		891,238.90
Servicios ambientales (Carbono)		529,744.32
Servicios hidrológicos (Agua)		8,778.00
Total		**$2’350,727.22**

VALORES INDIRECTOS

El valor de uso indirecto se refiere a los beneficios que recibe la sociedad a través de los servicios ambientales de los ecosistemas y de las funciones del hábitat. Algunos ejemplos son los servicios proporcionados por los bosques como la protección contra la erosión, la regeneración de suelos, la recarga de acuíferos, el control de inundaciones, el reciclaje de nutrientes, la protección de costas, la captación y el almacenamiento de carbono, el auto sostenimiento del sistema biológico, entre otros.

A diferencia del valor de uso directo, el indirecto generalmente no requiere del acceso físico del usuario al recurso natural, pero sí de la existencia física del recurso en buenas condiciones.

Paisaje, belleza escénica, recreación, educación

En los últimos años, los servicios recreacionales y de paisaje se han incrementado, lo cual representa una parte significativa del valor de uso. La selva tropical cuenta con al menos 574 especies de plantas, la cual podría generar 1.6 millones de toneladas de materia vegetal con un valor en el mercado de 729 millones de dólares (Gobierno de México, 1996). Adicionalmente, se estima que los ingresos anuales obtenidos por ecoturismo podrían alcanzar entre 30 y 34 millones de dólares, de acuerdo con diferentes estimaciones realizadas sobre el valor que la población le otorga a la biodiversidad (CSERGE, 1993)[2].

Tomando en cuenta los resultados obtenidos de un estudio realizado en la Biosfera de Sian Kan en la cual se determinó los días de visita, el posible precio a pagar por el visitante y las veces que podría visitar el área al año se obtuvo un valor anual como costo.

Tabla 2.39. Estimación del costo por el concepto de servicios de recreación y paisaje.

Turismo	*Centro de recreación*	*Tipo de área*	*Área (ha)*	*Visitantes por año (años de referencia)*	*Precio pagado o disponibilidad a pagar (USD)*	*Ingreso anual (USD)*	*Ingreso anual por hectárea*
Ecoturistas	Sian ka'an (Quintana Roo)	Reserva de la Biósfera	528 147[3]	500 (1989-1993)	1154	57 500	0.11

De acuerdo al estudio se tiene un ingreso anual por hectárea de 0.11 (USD) por hectárea /anual, el costo en moneda nacional de esta valoración corresponde a $ 0.2.028 pesos (considerando el tipo de cambio a $ (considerando el tipo de cambio a $ 18.44 pesos al 24 de septiembre de 2025). para el caso específico del estudio de la reserva de la biosfera se tiene un costo de **$ 1,071,293.37** pesos (CSERGE, 1993); realizando la aplicación de estos resultados al área del proyecto correspondiente a 7.98 hectáreas se considera un costo de $16.18 pesos de ingreso anual por servicio de disfrute de la belleza escénica, recreación, paisaje y educación de los recursos del predio.

2.6.3.4.6. Valor de Existencia

Es el valor que pueden tener un ecosistema, sus componentes y atributos para un grupo de personas, que no lo utilizan directa ni indirectamente, ni piensan hacerlo en el futuro, pero que valoran positivamente el simple hecho de que exista en determinadas condiciones. Su degradación o desaparición, por tanto, supone para ellas una pérdida de bienestar.

Los motivos que se han señalado para explicar este valor son, entre otros, la filantropía, la simpatía, motivos de herencia o de legado, el valor simbólico que puede llegar a tener un determinado bien ambiental o recurso natural como parte de la identidad cultural de un grupo o conjunto de personas. Otra razón importante para prestarle atención a este tipo de valor es la creencia en el derecho a la existencia de otras formas de vida, incluyendo por tanto a animales, plantas y/o ecosistemas (Izko y Burneo, 2003)[13].

Existen estimaciones que consideran que las personas estarían dispuesta a pagar 10 dólares por hectárea para dejar como legado a futuras generaciones la supervivencia de los bosques nacionales[14]. En la siguiente Figura 2.34 se presenta el valor de existencia para distintas áreas de importancia para la conservación de México; el valor obtenido se relaciona con donaciones y comparas de deuda con fines de conservación.

[13] Izko, X. y Burneo, D. 2003, Herramientas para la valoración y manejo forestal sostenible de los bosques sudamericanos. UICN-Sur.
[14] Alba, E. y Reyes, M. 2018. Valoración económica de los recursos biológicos del país. En La diversidad biológica de México. Estudio de país. (211-236). México: CONABIO (Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad).

Figura 2.34. Evidencias de valores de existencia en México. Fuente: Alba y Reyes, 2018.

Área	*Superficie (ha)*	*Valor obtenido (USD)*
Selva Lacandona, Montes Azules en Chiapas (canje de deuda por naturaleza)	385 000	4 000 000
Reserva de la biósfera de Sian Ka'an en Quintana Roo (donaciones de organizaciones)	528 147	34 000
Sitios varios (donaciones de organizaciones)	No disponible	809 622
Barranca del Cobre en Chihuahua (encuestas a visitantes)	450 000	100 000
Varias áreas (contribuciones provenientes de los Estados Unidos de América)	190 869	5 528 809

Como se puede observar en la Figura 2.34 el promedio de aportación para la Reserva de la Biosfera de Sian Ka'an, siendo la única de las listadas que se encuentra en Quintana Roo, estado donde también se pretende desarrollar el Proyecto, asciende a 0.064 USD. Sin embargo, para la estimación del valor para mantener la integridad de las áreas de cambio de uso de suelo en los 7.98 que considera el Proyecto se utilizó el valor estimado de 10 USD, tal y como lo señala Alba y Reyes, de acuerdo a lo anterior el valor correspondería a 79.8 USD, lo cual a un tipo de cambio aproximado de 18.44 pesos mexicanos, corresponde a **$1,460.34 MXN (un mil cuatrocientos sesenta pesos 34/100 M.N.).**

2.6.3.4.7. Estimación Económica Total

Con base en lo expuesto en los puntos anteriores, en Tabla 2. 40 se presenta la estimación económica total de los recursos biológicos forestales y de fauna silvestre existentes en el área sujeta a cambio de uso del suelo del Proyecto.

Tabla 2. 40. Estimación económica total de los recursos biológicos forestales del área sujeta a cambio de uso de suelo.

Concepto	Monto estimado MXN
Recursos forestales maderables	$346,761.00
Recursos forestales no maderables	$513,950.00
Recursos faunísticos	$33,011.68
Servicios ambientales	$856,633.78
Total	**$1,750,356.46**

El valor económico total de los recursos biológicos forestales y de fauna silvestre que se podrán ver afectados con el cambio de uso de suelo por la ejecución del Proyecto se estima en **$1,750,356.46 MXN (un millón setecientos cincuenta mil trecientos cincuenta y seis pesos 46/100 M.N.)**.

Por todo lo antes expuesto se puede determinar que, a largo plazo, el nuevo uso propuesto es más productivo que el uso actual como terreno forestal, conforme se demuestra en el análisis correspondiente que se presenta en el Capítulo 6 de este DTU-BP.

2.6.4. Etapa de Construcción

A continuación, se describen las actividades que se llevarán a cabo para la construcción de las obras que componen el Proyecto, estas se desarrollarán exclusivamente en las áreas que fueron delimitadas y acondicionadas previamente, durante la etapa de preparación del sitio.

e. Operación de obras provisionales

Consistirá en la ocupación y uso de las instalaciones provisionales por parte de los trabajadores y demás personal que se prevé participe en el Proyecto.

f. Relleno nivelación y excavación

Se iniciará con el relleno y la nivelación del terreno para la ubicación de vialidades de acceso y plataformas, así como con las excavaciones necesarias para la introducción de las instalaciones de servicios de agua potable, drenaje, electricidad y telecomunicaciones. Posteriormente se colocarán cimientos y estructuras de concreto armado.

Se construirán los pozos de visita complementarios y las descargas domiciliarias necesarias para cada vivienda. Se construirá la línea principal de agua potable con las tomas domiciliarias correspondientes para el llenado de cisternas en el caso de las viviendas y para alimentar la cisterna de las casetas-bodegas.

Posteriormente se continuará con la canalización para la línea de media tensión, baja tensión y alumbrado.

De manera simultánea se realizarán las excavaciones del material rocoso para las áreas de las cisternas y albercas; el material producto de la excavación se triturará para su aprovechamiento en la construcción de las plataformas, previo análisis y recomendaciones del laboratorio de mecánica de suelos.

El material que ya no sea aprovechable se extraerá de la obra y será enviado al tiradero oficial autorizado.

g. Construcción de vialidades y edificaciones e instalación de servicios

Una vez terminadas las excavaciones y construidas las plataformas con material de trituración de las excavaciones, teniendo concluidas las pruebas de las líneas de drenaje y agua potable, se procederá a la construcción de guarniciones a nivel de rasante y la consolidación de la estructura de pavimentos a nivel de subbase y base para pavimentos. Quedando en la etapa de base en el caso del concreto estampado en andadores y banquetas. Se procederá al desplante de la cimentación de los edificios de las casetas-bodegas. Se dará inicio de las actividades de canalizaciones eléctricas, hidráulicas, pluviales y sanitarias en planta baja.

De manera simultánea se continuarán con los trabajos de urbanización correspondientes a la línea de media tensión, baja tensión y alumbrado, debido a que las excavaciones no son tan profundas (de 60 a 80 cm).

Se iniciarán las cimentaciones correspondientes diseñadas en proyecto como lo son las zapatas aisladas, zapatas corridas, losas de cimentación propuestas, para el desplante de los edificios. Y se continuará con la estructura de concreto armado proyectada en los mismos.

Conforme se realiza el avance de planta baja, se irán construyendo de manera ascendente las trabes, los muros, las losas a base de vigueta prefabricada y bovedilla de poliestireno con su capa de compresión, la introducción de instalaciones eléctricas, hidráulicas, sanitarias y de aire acondicionado, para ir conformando los niveles de las viviendas, así como la albañilería (aplanados) que correspondan a cada nivel.

En la secuencia de avance de la estructura y albañilería se vendrán colocando los acabados. Así mismo se podrán realizar las actividades de cancelerías de aluminio, cristales, barandales, muros de tablarroca acabado en blanco (pasta redimix en toda la superficie), pisos, zoclos, recubrimientos en áreas de baños, canceles de baño de cristal templado, cocina integral, fondeo de muros, todos los equipos del sistema de aire acondicionado, pintura, colocar carpintería previa pintura de muros y bóvedas. Y enseguida la terminación para la colocación de los muebles de baño, cocina integral y accesorios, así como las lámparas, contactos y apagadores.

Entre los acabados encontramos, estuco para los muros, los cuales estarán armando por block de concreto de 15 x 20 x 40 cm. El armado de las losas será a través del sistema vigueta de 12 x 5 x 6.0 cm de largo y bobedillas de 15 x 25 x 69 cm. Los pisos tendrán acabos de mármol travertino y losetas cerámicas de 60 x 60 cm.

Una vez instalados todos los equipos, lámparas y accesorios se procederán a detallar la pintura de acabado final y la carpintería.

Una vez avanzada la conclusión de las viviendas se atenderán las áreas comunes tales como andadores, sistema de riego, pavimentos y áreas verdes.

Para concluir se procederán a las pruebas finales de aire acondicionado, instalaciones eléctricas, hidrosanitarias, cuarto de máquinas, albercas, limpiezas gruesas y finas generales.

2.6.5. Etapa de Operación y Mantenimiento

Una vez concluida la construcción del Proyecto, se pretende darles mantenimiento ligero a las instalaciones, para su adecuada conservación, tales como, revisión periódica de goteros, bajadas pluviales y coladeras junto con pendientes en azoteas.

Se realizarán trabajos de mantenimiento en las superficies exteriores según se requieran, los cuales incluirán: aplicación de pintura de retoque, resane de fisuras y reparación de despostilles.

De igual manera se realizará un constante mantenimiento de la red de riego y aspersores para el adecuado mantenimiento de las áreas de ajardinado.

Así mismo se llevará a cabo una revisión anual de vialidades (carpeta asfáltica y/o empedrados) para evitar formaciones de baches y fisuras para así asegurar una superficie homogénea de rodaje.

El programa de operación y mantenimiento se presenta en la siguiente Tabla 2. 41.

Tabla 2. 41. Programa de operación y mantenimiento considerado para el Proyecto.

Programa de operación y mantenimiento												
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Viviendas												
Comercio												
Vialidades												
Amenidades												
Bajadas pluviales												
Superficie de rodamiento												
Pinturas / resanes												
Jardinería												
Albercas												

2.6.6. Desmantelamiento y Abandono de las Instalaciones

El Proyecto considera una vida útil de 99 años, periodo que podrá prolongarse, en cuyo caso, se realizará la gestión correspondiente ante la autoridad.

De este modo, es a bien decir, que no se prevé una etapa de abandono para el Proyecto en sentido estricto. Sin embargo, en caso de que termine la vida útil del Proyecto y se llegue a la etapa de abandono, se llevarán a cabo las actividades de restauración del sitio que correspondan, dejando el predio en condiciones iguales o similares a las encontradas antes de la implementación del Proyecto y de acuerdo con la legislación ambiental aplicable e informando previamente a la autoridad competente.

2.7. Insumos

Durante la construcción se requerirá de los siguientes insumos:

Pedacería y pintura para trazo: Madera producto del desmonte para los trompos de marcaje, pintura en aerosol, clavos de acero.

Material para instalaciones: Tubería y accesorios tipo PAD o similar, ligas de neopreno, tubería y accesorios de pvc hidráulico, válvulas en FoFo, manguera de PPC (polipropileno copolimero), ligas de neopreno, conductores eléctricos en aluminio, cable de cobre desnudo, tubería para canalización tipo PAD rojo corrugado, cajas derivadoras tipo J4-J6, kits fallo a tierra, subestaciones eléctricas, registros eléctricos de concreto, marcos y contramarcos galvanizados, tapas de policoncreto para registros, correderas de plástico, tubería y accesorios en pvc conduituso pesado, tapas de policoncreto para registros, registros telefónicos, pozos y registros pluviales.

Vialidades, guarniciones y banquetas: Concreto hidráulico.

Paisajismo de áreas comunes: Tierra vegetal, composta vegetal (producto del desmonte de áreas trabajadas), pasto, plantas ornamentales según Proyecto.

2.7.1. Personal

Durante las etapas de preparación del sitio, construcción y operación del Proyecto, se requerirá de la contratación de personal para las distintas áreas, en la Tabla 2. 42 se presentan los requerimientos de personal por etapa del Proyecto.

Tabla 2. 42. Personal requerido durante las diferentes etapas de implementación del Proyecto.

Personal requerido	Etapa		
	Preparación	Construcción	Operación
Biólogo	1	1	1
Topógrafo	2	2	0
Operario de equipo	7	7	0
Obreros	6	400	0
Ingeniero supervisor	2	5	0
Mantenimiento general	0	0	8
Total	**18**	**415**	**9**

2.7.2. Maquinaria y Equipo

La maquinaria y equipo requeridos durante las etapas de preparación y construcción del Proyecto se muestran en la siguiente Tabla 2. 43.

Tabla 2. 43. Relación de maquinaria requerida por etapa de desarrollo del Proyecto.

Etapa	Maquinaria	Equipo
Preparación	Excavadora 320, cargador frontal, retroexcavadoras, zanjadora, motoconformadora, compactador, camiones de 14 m^3	Torre grúa y montacargas
Construcción	Excavadora 320, cargador frontal, retroexcavadoras, zanjadora, motoconformadora, compactador, camiones de 14 m^3	Torre grúa y montacargas

Cabe precisar que esta maquinaria no se utilizará de manera simultánea, ya que, como se ha mencionado, el proyecto se desarrollará por etapas. Su empleo será paulatino y estará sujeto a las actividades específicas de cada fase. Asimismo, la relación de maquinaria mencionada es de carácter indicativo y podría variar.

2.7.3. Combustible

Durante la etapa de construcción del Proyecto, se utilizará diésel y gasolina como combustible, en un promedio de 33.33 l diarios de diésel y 50.00 l diarios de gasolina.

Para la etapa de operación y mantenimiento del Proyecto, el combustible que será utilizado dentro de las viviendas será el gas estacionario (gas LP), del cual se estima un consumo medio de 1.5 l/hab*día, lo que implicará un consumo de 200 l/vivienda*mes, esto es, 30,000 litros al mes, hasta alcanzar en punta, los 150,000 litros por mes.

Los depósitos de gas serán de 10,000 l, y estarán ubicados en proporción de 1.5 tanques por edificio. Al respecto, cabe destacar que no se requiere de la presentación de un estudio de riesgo toda vez que no sobrepasan los 50,000 kg establecidos para ser considerada como actividad altamente riesgosa, de conformidad con el "*Acuerdo por el que las Secretarías de Gobernación y Desarrollo Urbano y Ecología, con fundamento en lo dispuesto por los Artículos 5o, Fracción X y 146 de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente; 27 Fracción XXXII y 37 Fracciones XVI y XVII de la Ley Orgánica de la Administración Pública Federal, expiden el segundo listado de actividades altamente riesgosas*".

Tabla 2. 44. Requerimientos de combustible por mes y por etapa del Proyecto.

Etapa	Tipo	Consumo (l/mes)
Preparación	Gasolina	360.00
	Diesel	240.00
Construcción	Gasolina	840.00
	Diesel	560.00
Operación	Gas L.P.	150,000
	Gasolina	-----

2.7.4. Energía

Durante las etapas de preparación y construcción del Proyecto, la obtención de la energía se hará a través de generadores de gasolina para la oficina de campo. Durante la operación del Proyecto, el abastecimiento de energía se hará a través de la Comisión Federal de Electricidad (CFE). El consumo diario se estima en 0.832 kW/día que implica una demanda de suministro de CFE de 0.66 MW.

Tabla 2. 45. Consumo de energía mensual y anual por etapa del Proyecto.

Etapa	Consumo mensual (Kwh)	Consumo anual (Kwh)
Preparación	20	240.00
Construcción	23.29	279.48
Operación	25.37	303.38
Total	**68.66**	**1885.24**

2.7.5. Agua

Durante las etapas de preparación y construcción del Proyecto, el agua potable se obtendrá a través de pipas. Durante la operación y mantenimiento, el suministro será proporcionado por la red general de Aguakan. El consumo diario se estima en 230 l/hab-día, por lo tanto, se estiman 17.10 m^3/diarios en punta. Cada vivienda contará con su depósito de agua. En el Anexo 2.1 y Anexo 2.2, se presenta la factibilidad otorgada por Aguakan a todo el Plan Maestro Mayakoba, en donde está considerado el consumo de agua de las viviendas que integran este Proyecto.

2.8. Residuos y Emisiones de Gases de Efecto Invernadero

A continuación, se enlistan los residuos sólidos y líquidos y las emisiones a la atmósfera que serán generados por el desarrollo del Proyecto.

2.8.1. Residuos Sólidos

Durante la etapa de preparación se estima la generación de residuos vegetales ocasionados por las actividades de desmonte, este material será retirado y confinado en un vivero temporal en donde recibirá el tratamiento requerido para ser utilizado en las actividades de reforestación y mejoramiento de las diversas áreas verdes del Proyecto. El material edáfico resultante de las actividades de despalme recibirá el mismo tratamiento. Asimismo, se generarán residuos sólidos urbanos y orgánicos, propios de las actividades de los trabajadores, los cuales consistirán principalmente en envases de refresco, latas, papel y bolsas de plástico, así como residuos alimenticios.

Durante la etapa de construcción, además de los residuos sólidos urbanos y orgánicos generados por las actividades de los trabajadores, también se generarán residuos sólidos de manejo especial que, serán principalmente restos de materiales de construcción.

Se instalarán contenedores debidamente señalados en los diferentes frentes de obra, en donde se deberá disponer los residuos según su tipo, ya sean de orgánicos, valorizables (PET, papel, cartón, latas de aluminio, envases de vidrio) y no valorizables, posteriormente, estos residuos serán recolectados por una empresa autorizada y enviados al sitio de disposición final.

Durante la etapa de operación y mantenimiento, por cada edificio habrá un punto de acopio en donde se ubicarán contenedores para la separación de los residuos. Adicionalmente habrá un punto de recolección general para el retiro de los residuos por parte de servicios generales del municipio.

Respecto a los residuos sólidos urbano, se considera una generación percápita de 0.944 kg/día/persona, por lo que en la etapa de preparación la estimación es de 17 kg/día, en tanto que en la etapa de construcción será de 392 kg/día. En la operación, se espera una generación de aproximadamente 3,482 kg/día.

2.8.2. Residuos Líquidos

Durante la etapa de preparación y construcción, se estima la generación de los 6,052 l/día de aguas residuales los primeros 10 meses, la disposición de estas se realizará a través de una empresa prestadora del servicio la cuál será la responsable de la disposición final de los residuos líquidos de las letrinas portátiles. Las aguas residuales que se generen posteriormente serán enviadas a la red de drenaje municipal.

Durante la etapa de operación y mantenimiento del Proyecto, la descarga de aguas residuales se hará directamente a la red general la cual está conectada a la red municipal.

Para la etapa de operación, la generación de aguas residuales irá aumentando poco a poco, se estima una generación de 139 m^3 por día, volumen que irá aumentando hasta llegar a los 695 m^3 por día en la última fase.

2.8.3. Residuos Peligrosos

Se estima que los residuos peligrosos generados durante las etapas de preparación y construcción del Proyecto provendrán de trapos o estopas impregnadas con grasas, aceites, thinner, pintura, esmaltes, lubricantes, y de baterías derivadas del mantenimiento menor de la maquinaria y equipos. No obstante, dado que todos estos equipos corresponden a personal subcontratado, se evitará que su mantenimiento se realice dentro del sitio del Proyecto. En caso de que se llegaran a generar estos residuos, se exigirá al contratista que se encargue de su retiro, manejo y disposición final de acuerdo con la normatividad aplicable. Se prohibirán los mantenimientos de maquinarias y equipos dentro del área del proyecto, estos deberán realizarse en talleres autorizados por la empresa subcontratada, ubicados en localidades cercanas, con el fin de prevenir posibles contaminaciones del suelo.

Por su parte, los residuos peligrosos generados durante la operación del Proyecto, derivados de las actividades de mantenimiento, consistirán en: thinner, sobrantes de pintura y esmaltes, aceites y lubricantes, estopas impregnadas y aceites quemados en pequeñas cantidades.

Estos residuos serán confinados temporalmente en contenedores de plástico o metal (según corresponda) debidamente identificados, en el área asignada para el acopio temporal de residuos, para que posteriormente sean recolectados por una empresa especializada y autorizada para su manejo y disposición final.

El Proyecto contará con un almacén temporal para el acopio de los residuos peligrosos generados durante la etapa de preparación y construcción del Proyecto, como son restos de thinner, sobrantes de pintura, esmaltes, aceites, lubricantes y estopas impregnadas, dentro de este almacén se contará con contenedores herméticos en donde se colocarán dichos residuos. Así como para el almacenamiento de combustibles y residuos líquidos. Este almacén cumplirá con las indicaciones señaladas en los instrumentos legales aplicables en materia de residuos peligrosos, como son:

- Se encontrará en áreas destinadas para aprovechamiento y alejado de las áreas de conservación.
- Se ubicará en donde se reduzcan los riesgos por posibles emisiones, fugas, incendios, explosiones e inundaciones.
- Se construirá con materiales impermeables y deberá estar techado.
- Deberá contar con sistema de contención de derrames.
- Contará con señalamientos y letreros alusivos a la peligrosidad y los riesgos de los materiales almacenados.
- Contará con extintores según los residuos que se almacenen en sitio.

2.8.4. Generación de Gases de Efecto Invernadero

Por la naturaleza propia del Proyecto se espera la generación de gases de efecto Invernadero (GEI) que, de acuerdo con su alcance, la fuente de generación podrá ser directa e Indirecta. En Tabla 2. 46 se presentan los procesos en los cuales se espera la generación de GEI según la etapa de implementación, así como el tipo de gases que se podrían generar.

Tabla 2. 46. Generación de GEI por el Proyecto.

Alcance	Preparación	Construcción	Operación
Directo	Se deberán a la combustión de los combustibles (diésel y gasolina) requeridos para la operación de la maquinaria y equipo que se usarán para el acondicionamiento del terreno.	Combustión del combustible (diésel y gasolina) requerido para la operación de la maquinaria y equipo usado para la construcción del Proyecto.	Combustión del gas LP utilizado para las cocinas y baños de las amenidades y los departamentos, así como el funcionamiento de los restaurantes.
GEI-D	CO_2, CH_4 y N_2O	CO_2, CH_4 y N_2O	CO_2, CH_4 y N_2O
Indirecto	Generados por el consumo de energía eléctrica que se utilizará para la iluminación del predio. Durante esta etapa se utilizará maquinaria para la limpieza y nivelación del predio.	Consumo de energía eléctrica utilizada para abastecer las instalaciones provisionales del Proyecto y la iluminación provisional.	Consumo de energía eléctrica para la operación del Proyecto. La cual será suministrada por la red de energía eléctrica de CFE.
GEI-I	CO_2, CH_4 y N_2O	CO_2, CH_4 y N_2O	CO_2, CH_4 y N_2O

Para realizar la estimación de la emisión directa de CO_2 equivalente de las obras y actividades del Proyecto durante las etapas de preparación y construcción, se aplicará la siguiente metodología de cálculo por factores de emisión de acuerdo con lo establecido en el *Acuerdo que establece las particularidades técnicas y las fórmulas para la aplicación de metodologías para el cálculo de emisiones de gases o compuestos de efecto invernadero* publicado en el Diario Oficial de la Federación el 03 de septiembre de 2015. Se calculará la cantidad que se genera de cada GEI mediante la aplicación de las siguientes fórmulas:

$$E_{CO_2} = VC \times PC \times FE_{CO_2}$$

$$E_{CH_4} = VC \times PC \times FE_{CH_4}$$

$$E_{N_2O} = VC \times PC \times FE_{N_2O}$$

Donde:

E_{CO2}	Emisiones de dióxido de carbono en toneladas [t]
E_{CH4}	Emisiones de metano en kilogramos [kg]
E_{N2O}	Emisiones de óxido nitroso en kilogramos [kg]
VC	Consumo de combustible al año en litros [L] o metros cúbicos [m^3]
PC	Poder calorífico de cada combustible [MJ/L o MJ/m^3]
FE	Factor de emisión de cada gas [t/MJ o Kg/MJ]

El factor de emisión de cada gas se tomó de los valores establecidos en el Artículo Sexto, Fracción 2, del Acuerdo (DOF, 2015), sus valores se enlistan en la Tabla 2. 47.

Tabla 2. 47. Factores para el cálculo de emisiones directas e indirectas de GEI.

Combustible	CO_2 (t/MJ)	CH_4 (t/MJ)	N_2O (t/MJ)
Diesel	7.41 E-05	4.15 E-06	2.86 E-06
Gasolina y naftas	6.93 E-05	5.00 E-05	2.00 E-6

Dicho Acuerdo también señala que para la estimación de la emisión indirecta por consumo de electricidad se aplicará la siguiente fórmula:

$$E_{CO_2e} = W_{Elect} \times FE_{Elect}$$

Donde:

E_{CO2e}	Emisiones de dióxido de carbono equivalente proveniente del consumo de energía eléctrica [t CO_2e]
W_{Elect}	Consumo de energía eléctrica [MWh]
FE_{Elect}	Factor de emisión por consumo de energía eléctrica [t CO_2/MWh]

El FE_{Elect} que se deberá usar es el que publique año con año la SEMARNAT, que, de acuerdo con su último reporte de 2024, el factor de emisión eléctrico corresponde a **0.444 tCO_2e / MWh**.

A partir de la aplicación de las fórmulas y factores anteriores, en la Tabla 2. 48 se presentan las estimaciones de la cantidad de emisiones de GEI que se generarán durante las diferentes etapas de implementación del Proyecto.

Tabla 2. 48. Estimación de la generación de gases de efecto invernadero por etapa del Proyecto.

Preparación					
Combustible	**Consumo (l/año)**	**CO_2 (t/MJ)**	**CH_4 (t/MJ)**	**N_2O (t/MJ)**	**Emisiones anuales GEI (tCO_2e/año)**
Diesel	2,880	8.04	0.00	0.00	8.16
Gasolina	4,320	9.92	0.00	0.00	10.33
Electricidad	**Consumo (Kwh/año)**	**Emisiones anuales GEI (tCO_2e/año)**			
Consumo	240	0.107			
Construcción					
Combustible	**Consumo (l/año)**	**CO_2 (t/MJ)**	**CH_4 (t/MJ)**	**N_2O (t/MJ)**	**Emisiones anuales GEI (tCO2e/año)**
Diesel	6,720	18.76	0.00	0.00	19.05
Gasolina	10,080	23.16	0.01	0.00	24.09
Electricidad	**Consumo (Kwh/año)**	**Emisiones anuales GEI (tCO2e/año)**			
Consumo	279.48	0.124			
Operación y mantenimiento					
Combustible	**Consumo (l/año)**	**CO2 (t/MJ)**	**CH4 (t/MJ)**	**N2O (t/MJ)**	**Emisiones anuales GEI (tCO2e/año)**
Gas LP	1,800,000	2,966.99	2.92	0.01	3,051.01
Electricidad	**Consumo (Kwh/año)**	**Emisiones anuales GEI (tCO2e/año)**			
Consumo	303.38	0.134			

ROTONDA

CAPÍTULO 3. VINCULACIÓN CON LOS ORDENAMIENTOS JURÍDICOS APLICABLES EN MATERIA AMBIENTAL Y, EN SU CASO, CON LA REGULACIÓN SOBRE USO DE SUELO

DOCUMENTO TÉCNICO UNIFICADO B MODALIDAD PARTICULAR

Contenido

CAPÍTULO 3. VINCULACIÓN CON LOS ORDENAMIENTOS JURIDICOS APLICABLES EN MATERIA AMBIENTAL Y, EN SU CASO, CON LA REGULACIÓN SOBRE USO DEL SUELO ... 3
3.1. Introducción ... 3
3.2. Antecedentes Ciudad Mayakoba (antes El Ximbal) ... 9
3.2.1. Antecedentes Rotonda ... 10
3.3. Información General del Proyecto ... 12
3.4. Vinculación con los Ordenamientos Jurídicos Aplicables ... 14
3.4.1. Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos ... 14
3.4.2. Tratados Internacionales ... 17
3.4.2.1. Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático ... 17
3.4.2.2. Acuerdo de París ... 18
3.4.2.3. Declaración de Río sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo ... 19
3.4.2.4. Protocolo Adicional a la Convención Americana sobre Derechos Humanos en materia de Derechos Económicos, Sociales Y Culturales, Protocolo de San Salvador ... 20
3.4.2.5. Convenio sobre la Diversidad Biológica ... 21
3.4.3. Leyes Generales y Federales ... 22
3.4.3.1. Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente ... 22
3.4.3.2. Ley General de Vida Silvestre ... 27
3.4.3.3. Ley Federal de Responsabilidad Ambiental ... 29
3.4.3.4. Ley General del Cambio Climático ... 29
3.4.3.5. Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable ... 34
3.4.3.6. Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos ... 35
3.4.4. Reglamentos de Leyes ... 37
3.4.4.1. Reglamento de la LGEEPA en Materia de Evaluación del Impacto Ambiental ... 37
3.4.4.2. Reglamento de la Ley General de Vida Silvestre ... 38
3.4.4.3. Reglamento de la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable ... 39
3.4.4.4. Reglamento de la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos ... 40
3.4.5. Leyes y Reglamentos Estatales ... 41
3.4.5.1. Ley del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente del Estado de Quintana Roo 41
3.4.5.2. Programa Estatal de Acción ante el Cambio Climático en Quintana Roo ... 41
3.4.5.3. Ley para la Prevención y la Gestión Integral de Residuos del Estado de Quintana Roo ... 42
3.4.5.4. Reglamento de Construcción del Municipio del Municipio de Solidaridad ... 42
3.4.6. Planes y Programas Sectoriales y de Desarrollo ... 43
3.4.6.1. Plan Nacional de Desarrollo ... 43

3.4.6.2. Programa Sectorial de Medio Ambiente y Recursos Naturales 44
3.4.7. Ordenamientos Territoriales 45
3.4.7.1. Programa de Ordenamiento Ecológico General del Territorio 45
3.4.7.2. Programa de Ordenamiento Ecológico Marino y Regional del Golfo de México y Mar Caribe 51
3.4.7.3. Programa de Ordenamiento Ecológico Local del Municipio de Solidaridad 65
3.4.8. Planes y Programas de Desarrollo Urbano 101
3.4.8.1. Plan Municipal de Desarrollo 2018-2021 del Municipio de Solidaridad, Quintana Roo 101
3.4.8.2. Programa Parcial de Desarrollo Urbano El Jesusito 102
3.4.9. Áreas Naturales Protegidas 109
3.4.9.1. DECRETO por el que se declara Área Natural Protegida, con el carácter de reserva de la biosfera, la región conocida como Caribe Mexicano y su Programa de Manejo 111
3.4.10. Regiones y Sitios Prioritarios de la Comisión Nacional para el Conocimiento y uso de la Biodiversidad 114
3.4.10.1. Regiones Hidrológicas Prioritarias 115
3.4.10.2. Regiones Terrestres Prioritarias 117
3.4.10.3. Regiones Marinas Prioritarias 118
3.4.10.4. Áreas de Importancia para la Conservación de las Aves 120
3.4.10.5. Sitios Prioritarios 121
3.4.11. Sitios Ramsar 123
3.4.12. Normas Oficiales Mexicanas 125
3.4.12.1. Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010 128
3.5. Conclusión Legal 129

CAPÍTULO 3. VINCULACIÓN CON LOS ORDENAMIENTOS JURIDICOS APLICABLES EN MATERIA AMBIENTAL Y, EN SU CASO, CON LA REGULACIÓN SOBRE USO DEL SUELO

3.1. Introducción

El [redacted] (en adelante la Promovente) con fundamento en lo dispuesto por los artículos 28 fracciones VII, IX y X de la Ley General de Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente; 5º incisos O) Fracción I, Q) y R), 9, 10 Fracción I, 11, 13, 14 de su Reglamento en Materia de Evaluación del Impacto Ambiental; 93 de la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable y 141 de su Reglamento; así como en el "*ACUERDO por el que se expiden los lineamientos y procedimientos para solicitar en un trámite único ante la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales las autorizaciones en materia de impacto ambiental y en materia forestal que se indican y se asignan las atribuciones correspondientes en los servidores públicos que se señalan*" emitido por la Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales y publicado el 22 de diciembre de 2010 en el Diario Oficial de la Federación, somete a evaluación de esa H. Autoridad Ambiental el Documento Técnico Unificado modalidad B Particular (DTU-BP) respecto del proyecto denominado "Rotonda" (en adelante denominado como el Proyecto).

En efecto, el artículos 28 de la Ley General de Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente *establece que la evaluación del impacto ambiental es el procedimiento a través del cual la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales 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.*

De igual forma, dicho artículo en sus fracciones VII, IX y X, señala que deberán obtener la autorización de impacto ambiental quienes pretendan llevar a cabo las siguientes obras: i) cambio de uso de suelo en terrenos forestales; ii) desarrollos inmobiliarios que afecten los ecosistemas costeros; y, iii) obras y actividades en humedales, ecosistemas costeros, lagunas, ríos, lagos y esteros conectados con el mar, así como en sus litorales o zonas federales.

En ese mismo sentido, lo establece el Reglamento de la Ley General de Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en materia de evaluación del impacto ambiental en su Artículo 5º incisos O), Q), y R).

Se transcriben dichas disposiciones para pronta referencia.

De la Ley General de Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente:

> *Articulo 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:*

[…]
VII. Cambios de uso del suelo de áreas forestales, así como en selvas y zonas áridas;
[…]
IX. Desarrollos inmobiliarios que afecten los ecosistemas costeros;
X.- Obras y actividades en humedales, ecosistemas costeros, lagunas, ríos, lagos y esteros conectados con el mar, así como en sus litorales o zonas federales. En el caso de actividades pesqueras, acuícolas o agropecuarias se estará a lo dispuesto por la fracción XII de este artículo;
[…]

Del Reglamento de la Ley General de Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en materia de evaluación del 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…

O) CAMBIOS DE USO DEL SUELO DE ÁREAS FORESTALES, ASÍ COMO EN SELVAS Y ZONAS ÁRIDAS:

I. Cambio de uso del suelo para actividades agropecuarias, acuícolas, de desarrollo inmobiliario, de infraestructura urbana, de vías generales de comunicación o para el establecimiento de instalaciones comerciales, industriales o de servicios en predios con vegetación forestal, con excepción de la construcción de vivienda unifamiliar y del establecimiento de instalaciones comerciales o de servicios en predios menores a 1000 metros cuadrados, cuando su construcción no implique el derribo de arbolado en una superficie mayor a 500 metros cuadrados, o la eliminación o fragmentación del hábitat de ejemplares de flora o fauna sujetos a un régimen de protección especial de conformidad con las normas oficiales mexicanas y otros instrumentos jurídicos aplicables…

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 en general, marinas, muelles, rompeolas, campos de golf, infraestructura turística o urbana, vías generales de comunicación, obras de restitución o recuperación de playas, o arrecifes artificiales, que afecte ecosistemas costeros …

R) OBRAS Y ACTIVIDADES EN HUMEDALES, MANGLARES, LAGUNAS, RÍOS, LAGOS Y ESTEROS CONECTADOS CON EL MAR, ASÍ COMO EN SUS LITORALES O ZONAS FEDERALES:

I. Cualquier tipo de obra civil, con excepción de la construcción de viviendas unifamiliares para las comunidades asentadas en estos ecosistemas, y

II. Cualquier actividad que tenga fines u objetivos comerciales, con excepción de las actividades pesqueras que no se encuentran previstas en la fracción XII del artículo 28 de la Ley, y que de acuerdo con la Ley General de Pesca y Acuacultura Sustentables y su reglamento no requieren de la presentación de una manifestación de impacto ambiental, así como de las de navegación, autoconsumo o subsistencia de las comunidades asentadas en estos ecosistemas.

En virtud de lo anterior, se desprende que las obras y/o actividades que mi representada pretende realizar para el desarrollo de su Proyecto, se encuentran previstas en las fracciones VII, IX y X del artículo 28 de la Ley General de Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, y en los incisos O) fracción I, Q) y R), de su Reglamento en materia de evaluación del impacto ambiental. Por lo que, dando cabal cumplimiento a lo establecido en dichas disposiciones jurídicas, mi representada somete el Proyecto a evaluación de esa H. Autoridad.

Ahora bien, el artículo 10 del Reglamento de la Ley General de Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en materia de evaluación del impacto ambiental, establece que las manifestaciones de impacto ambiental deberán presentarse ya sea en su modalidad regional, o bien, en su modalidad particular.

Y para tal efecto, el artículo 11 del ordenamiento en cita, señala que las manifestaciones de impacto ambiental se presentarán en su modalidad regional cuando se trate de: i) Parques industriales y acuícolas, granjas acuícolas de más de 500 hectáreas, carreteras y vías férreas, proyectos de generación de energía nuclear, presas y, en general, proyectos que alteren las cuencas hidrológicas; ii) Un conjunto de obras o actividades que se encuentren incluidas en un plan o programa parcial de desarrollo urbano o de ordenamiento ecológico que sea sometido a consideración de la Secretaría en los términos previstos por el artículo 22 de este reglamento; iii) Un conjunto de proyectos de obras y actividades que pretendan realizarse en una región ecológica determinada; y, iv) Proyectos que pretendan desarrollarse en sitios en los que por su interacción con los diferentes componentes ambientales regionales, se prevean impactos acumulativos, sinérgicos o residuales que pudieran ocasionar la destrucción, el aislamiento o la fragmentación de los ecosistemas. **En los demás casos, la manifestación deberá presentarse en modalidad particular.**

En virtud de lo anterior, se desprende que el Proyecto de mi representada encuadra en lo dispuesto por los artículos 10 fracción I y 11 del Reglamento de la Ley General de Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en materia de evaluación del impacto ambiental, toda vez que el Proyecto que mi representada pretende realizar trata de un desarrollo habitacional y comercial.

Por lo que, dando cabal cumplimiento a lo dispuesto por los artículos 10 fracción I y 11 del Reglamento de la Ley General de Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en materia de evaluación del impacto ambiental se presenta el Documento Técnico Unificado en su modalidad particular.

Por otro lado, el artículo 93 de la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable señala que la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales 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.

A su vez, el artículo 141 del Reglamento de la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable, establece el contenido que deberán tener los Estudios Técnicos Justificativos.

Se transcriben dichas disposiciones jurídicas para pronta referencia:

De la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable:

> *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.*

Del Reglamento de la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable:

> *Artículo 141. Los estudios técnicos justificativos a que se refiere el artículo 93 de la Ley, deberán contener, por lo menos, lo siguiente:*
>
> *I. Descripción del o los usos que se pretendan dar al terreno;*
> *II. Ubicación y superficie total del o los polígonos donde se pretenda realizar el Cambio de uso del suelo en los Terrenos forestales, precisando su localización geográfica en los planos del predio correspondiente, los cuales estarán georeferenciados y expresados en coordenadas UTM;*
> *III. Descripción de los elementos físicos y biológicos de la Cuenca hidrográfica, subcuenca y microcuenca, donde se encuentra ubicada la superficie solicitada incluyendo clima, tipos de suelo, topografía, hidrografía, geología y la composición y estructura florística por tipos de vegetación y composición de grupos faunísticos;*
> *IV. Descripción de las condiciones del área sujeta a Cambio de uso de suelo en Terrenos forestales, que incluya clima, tipos de suelo, pendiente media, relieve, hidrografía y tipos de vegetación y de fauna;*
> *V. Un análisis comparativo de la composición florística y faunística del área sujeta a Cambio de uso de suelo en Terrenos forestales con relación a los tipos de vegetación del ecosistema de la cuenca, subcuenca o microcuenca hidrográfica, que permita determinar el grado de afectación por el Cambio de uso de suelo en Terrenos forestales;*
> *VI. Un análisis comparativo de las tasas de erosión de los suelos, así como la calidad, captación e infiltración del agua, en el área solicitada respecto a las que se tendrían después de la remoción de la Vegetación forestal;*
> *VII. Estimación del volumen en metros cúbicos, por especie y por predio, de las Materias primas forestales derivadas del Cambio de uso del suelo;*
> *VIII. Plazo propuesto y la programación de las acciones para la ejecución del Cambio de uso de suelo;*
> *IX. Propuesta de programa de rescate y reubicación de especies de flora y fauna que pudieran resultar afectadas y su adaptación al nuevo hábitat, en caso de autorizarse el Cambio de uso de suelo;*
> *X. Medidas de prevención y mitigación por la afectación sobre los Recursos forestales, el suelo, el agua, la flora y fauna silvestres aplicables durante las distintas etapas de desarrollo del Cambio de uso de suelo;*
> *XI. Servicios ambientales que serán afectados por el Cambio de uso de suelo propuesto;*
> *XII. Análisis que demuestren que la biodiversidad de los ecosistemas que se verán afectados por el Cambio del uso de suelo se mantenga;*

XIII. Datos de inscripción en el Registro del Prestador de Servicios forestales que haya elaborado el estudio, y del que estará a cargo de la ejecución del Cambio de uso de suelo;
XIV. Aplicación de los criterios establecidos en los programas de ordenamiento ecológico del territorio en sus diferentes categorías, las normas oficiales mexicanas y demás disposiciones jurídicas aplicables, y
XV. Los demás requisitos que establezcan otras disposiciones jurídicas.

La propuesta de programa a que se refiere la fracción IX del presente artículo deberá incluir el nombre de las especies a rescatar, la densidad de plantación, el Plano georeferenciado del sitio donde serán reubicadas dentro del ecosistema afectado, preferentemente en áreas vecinas o cercanas a donde se realizarán los trabajos de Cambio de uso de suelo, así como las acciones que aseguren al menos un ochenta por ciento de supervivencia de las referidas especies, los periodos de ejecución de dichas acciones y de su mantenimiento.

Para efectos de lo previsto en la fracción XIV del presente artículo, los interesados identificarán los criterios de los programas de ordenamiento ecológico que emitan las autoridades competentes de los tres órdenes de gobierno, atendiendo al uso que se pretende dar al Terreno forestal.

En virtud de lo anterior, y ya que el Proyecto que pretende realizar mi representada contempla el cambio de uso de suelo en terrenos forestales, le resulta aplicable lo dispuesto en los artículos transcritos en el párrafo inmediato anterior.

Derivado de lo anterior, y toda vez que se desprende que el Proyecto que pretende realizar mi representada requiere de la Autorización de Impacto Ambiental y de la Autorización de Cambio de Uso de Suelo en Terrenos Forestales[1], con fundamento en lo dispuesto por el artículo 14 del Reglamento de la Ley General de Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en materia de evaluación del impacto ambiental, así como por lo dispuesto por el numeral DÉCIMO del "*ACUERDO por el que se expiden los lineamientos y procedimientos para solicitar en un trámite único ante la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales las autorizaciones en materia de impacto ambiental y en materia forestal que se indican y se asignan las atribuciones correspondientes en los servidores públicos que se señalan*" emitido por la Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales y publicado el 22 de diciembre de 2010 en el Diario Oficial de la Federación[2], mi representada presenta en este documento la información relativa a ambos proyectos.

[1] Lo anterior de conformidad con lo dispuesto por los artículos 28 fracciones VII, IX y X de la Ley General de Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente; 5º incisos O) fracción I, Q) y R) de su Reglamento en materia de evaluación del impacto ambiental; 93 de la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable y 141 de su Reglamento.

[2] DECIMO. Los trámites unificados, objeto del presente Acuerdo, se llevarán a cabo en un procedimiento único el cual se desarrollará conforme a las etapas y plazos establecidos para la evaluación del impacto ambiental descritos en la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente y su Reglamento en materia de Evaluación del Impacto Ambiental.
En el caso del trámite unificado de cambio de uso de suelo forestal, en sus modalidades A y B, una vez integrado el expediente respectivo y paralelamente al procedimiento descrito en el artículo 34 de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, la Autoridad Resolutora enviará copia del documento técnico unificado al Consejo Estatal Forestal que corresponda, para que emita su opinión dentro del plazo de diez días hábiles siguientes a su recepción.
Transcurrido el plazo a que se refiere el párrafo anterior, dentro de los cinco días hábiles siguientes, notificará al interesado de la visita técnica al predio objeto de la solicitud, misma que deberá efectuarse en un plazo de quince días hábiles, contados a partir de la fecha en que surta efectos la notificación.
Concluido el procedimiento, la Autoridad Resolutora otorgará la autorización, una vez que el interesado haya realizado el depósito a que se refiere el artículo 118 de la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable.

De igual forma y de conformidad con lo dispuesto por los numerales PRIMERO y SEGUNDO fracción V del multicitado "*ACUERDO por el que se expiden los lineamientos y procedimientos para solicitar en un trámite único ante la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales las autorizaciones en materia de impacto ambiental y en materia forestal que se indican y se asignan las atribuciones correspondientes en los servidores públicos que se señalan*" emitido por la Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales y publicado el 22 de diciembre de 2010 en el Diario Oficial de la Federación, **se desprende que el proyecto de mi representada encuadra en la "modalidad B"**, lo anterior, al tratarse de un Proyecto que comprende tanto las obras y actividades descritas en la fracción VII del artículo 28 de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, como las descritas en las fracciones IX y X de dicho Ordenamiento y que, a su vez, requiere de la autorización de cambio de uso de suelo en terrenos forestales prevista en el artículo 93 de la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable.

Se transcriben dichas disposiciones para pronta referencia:

Del Reglamento de la Ley General de Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en materia de evaluación del impacto ambiental:

> *Artículo 14.- Cuando la realización de una obra o actividad que requiera sujetarse al procedimiento de evaluación de impacto ambiental involucre, además, el cambio de uso del suelo de áreas forestales y en selvas y zonas áridas, los promoventes podrán presentar una sola manifestación de impacto ambiental que incluya la información relativa a ambos proyectos.*

Del ACUERDO por el que se expiden los lineamientos y procedimientos para solicitar en un trámite único ante la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales las autorizaciones en materia de impacto ambiental y en materia forestal que se indican y se asignan las atribuciones correspondientes en los servidores públicos que se señalan" emitido por la Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales y publicado el 22 de diciembre de 2010 en el Diario Oficial de la Federación:

> ***PRIMERO.*** *Se establecen los trámites unificados de aprovechamiento forestal y de cambio de uso de suelo forestal, este último en sus modalidades A y B, los cuales son opcionales para los interesados y, por lo tanto, no anulan o limitan el derecho de éstos para solicitar las autorizaciones de aprovechamiento de recursos forestales, de cambio de uso de suelo forestal y en materia de impacto ambiental de manera separada.*
>
> ***SEGUNDO.*** *Para los efectos del presente Acuerdo se entenderá por:*
>
> *[…]*
> *V. Trámite unificado de cambio de uso de suelo forestal, modalidad B: es el que integra en un solo procedimiento administrativo el trámite relativo a la autorización en materia de impacto ambiental para la obras y actividades señaladas en la fracción VII más las descritas en cualquier otra fracción del artículo 28 de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, excepto la prevista en la fracción V de dicho numeral y el trámite de autorización de cambio de uso de suelo forestal a que se refiere el artículo 117 de la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable.*

El trámite será desechado en caso de que el interesado no acredite el depósito a que se refiere el párrafo anterior dentro de los treinta días hábiles siguientes a que surta efectos la notificación.
Una vez acreditado el depósito, la Secretaría expedirá la autorización correspondiente dentro de los diez días hábiles siguientes. Transcurrido este plazo sin que la Secretaría otorgue la autorización, ésta se entenderá concedida.

[…]

En virtud de todo lo anterior, y con fundamento en lo dispuesto por los artículos 28 fracciones VII, IX y X de la Ley General de Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente; 5º incisos O) fracción I, Q) y R), 9, 10 fracción I, 11, 13, 14 de su Reglamento en materia de evaluación del impacto ambiental; 93 de la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable y 141 de su Reglamento; así como en el "*ACUERDO por el que se expiden los lineamientos y procedimientos para solicitar en un trámite único ante la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales las autorizaciones en materia de impacto ambiental y en materia forestal que se indican y se asignan las atribuciones correspondientes en los servidores públicos que se señalan*" emitido por la Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales y publicado el 22 de diciembre de 2010 en el Diario Oficial de la Federación, mi representada somete a evaluación de esa H. Autoridad Ambiental el Documento Técnico Unificado modalidad B Particular (**DTU-BP**) respecto del Proyecto.

3.2. Antecedentes Ciudad Mayakoba (antes El Ximbal)

El proyecto Ciudad Mayakoba tiene su origen en el Desarrollo Turístico Mayalumil, autorizado de forma condicionada mediante el oficio D.O.O.DGOEIA 02750, con fecha del 24 de junio de 1998, emitido por la entonces Dirección General de Ordenamiento Ecológico e Impacto Ambiental (DGOEIA) del Instituto Nacional de ecología (INE).

El 7 de febrero de 2012, se solicitó a la Dirección General de Impacto y Riesgo Ambiental (DGIRA) la modificación de las resoluciones favorables de impacto ambiental otorgadas a Huaribe, S.A. de C.V. desde 1998 y hasta 2011 (Oficios D.O.O.DGOEIA 02750 de 24 de junio de 1998, DGOEIA 03085 de 15 de julio de 1998, SGPA/DGIRA.DEI.2103.04 de 20 de agosto de 2004, SGPA/DGIRA.DEI.2631.04 de 23 de septiembre de 2004, SGPA/DGIRA/DG/8818/10 de 9 de diciembre de 2010 y SGPA/DGIRA.DG.8422 de 4 de noviembre de 2011). El propósito de dicha modificación, entre otros, fue el trasladar el compromiso ambiental, adquirido por la promovente, de conservar 189.002 hectáreas de selva en el predio del proyecto, al predio Esperanza Limones, ubicado en el sur del Estado de Quintana Roo.

La DGIRA, acordó favorablemente esta modificación y a través de la resolución TERCERA del oficio S.G.P.A./D.G.I.R.A./D.G./2427, de 27 de marzo de 2012, notificado el 3 de abril de 2012, autorizó el traslado del compromiso ambiental adquirido por Huaribe, S.A. de C.V. para conservar las 189.002 hectáreas en el predio rústico denominado Esperanza Limones. Para dar cumplimiento a lo establecido en el citado oficio, se acreditó mediante escritura pública la propiedad del predio Esperanza Limones; se presentó una escritura pública mediante la cual se hace patente la declaración unilateral de voluntad que expresa el compromiso de Huaribe, S.A. de C.V. de conservar 200 ha, así como un certificado expedido por el Registro Público de la Propiedad y del Comercio del Estado de Quintana Roo, que contenía la anotación de que el lote 04 del predio Esperanza Limones, sería destinado a su conservación y la de los ecosistemas presentes en el predio, aun cuando futuros instrumentos urbanos o ambientales permitieran su desarrollo. Esta información fue presentada ante la Dirección General de Impacto y Riesgo Ambiental el 22 de noviembre de 2012.

El proyecto Ciudad Mayakoba correspondió a la propuesta de desarrollo al interior del predio El Jesusito que se deriva justamente del acuerdo favorable de modificación de los oficios D.O.O.DGOIA 02750 de 24 de junio de 1998, DGOEIA 03085 de 15 de julio de 1998, SGPA/DGIRA.DEI.2103.04 de 20 de agosto de 2004, SGPA/DGIRA.DEI.2631.04 de 23 de septiembre de 2004, SGPA/DGIRA/DG/8818/10 de 9 de diciembre de 2010 y

SGPA/DGIRA.DG.8422 de 4 de noviembre de 2011, contenida en el oficio S.G.P.A./D.G.I.R.A./D.G./2427 y por tanto está asociado a la conservación de 200 ha de selva en el predio denominado Esperanza Limones.

3.2.1. Antecedentes Rotonda

El proyecto “Rotonda” tiene su origen en el Plan Maestro denominado Ciudad Mayakoba autorizado en materia de impacto ambiental mediante oficios número SGPA/DGIRA/DG/04219 de fecha 19 de junio del 2013. Dicho plan maestro contempla el desarrollo urbano orientado al producto de vivienda media plurifamiliar con servicios y al producto residencial con campo de golf, además del equipamiento necesario para su funcionamiento. Incluye la construcción de vialidades, red de agua potable, electricidad, telefonía, alcantarillado y drenaje pluvial, así como la delimitación de lotes para uso habitacional unifamiliar, turístico residencial, comercial, hotelero, de servicios turísticos recreativos, de equipamiento y de servicios de apoyo.

- El 11 de diciembre del 2012, se ingresó a evaluación de la Dirección de General de Impacto y Riesgo Ambiental (DGIRA) la Manifestación de Impacto Ambiental Regional del proyecto denominado “El Ximbal” al cual se le asignó la clave 23QR2012T0048.

- La secretaria del Medio Ambiente y Recursos Naturales autorizó de manera condicionada mediante el oficio resolutivo SGPA/DGIRA/DG/04219 de fecha 19 de junio del 2013 (Anexo 3.1). El proyecto consistente en un conjunto de obras y actividades para el desarrollo urbano, orientado al producto de vivienda media plurifamiliar y al producto residencial con un total de 17,167 viviendas (habitacional, residencial y comercial) en 91 macro lotes, un campo de golf de 18 hoyos con siete lagos artificiales impermeabilizados, área deportiva, casa club, y taller de mantenimiento, así como un vivero, 8 tipos de vialidad, una planta desaladora de ósmosis inversa, una planta de tratamiento de aguas residuales, sistema eléctrico y servicios para telecomunicaciones, en un predio con una superficie de 409.25 hectáreas.

- El 18 de diciembre del 2013, la Promovente solicitó a DGIRA la modificación de los Términos Primero y Segundo, así como del programa calendarizado de trabajo para la ejecución del proyecto denominado “El Ximbal” autorizados en el oficio resolutivo SGPA/DGIRA/DG/04219 de fecha 19 de junio del 2013.

- El 16 de enero del 2014, a través del oficio número SGPA/DGIRA/DG/0389, esta DGIRA autorizó la modificación del Término Primero inciso 2, referente a que la etapa 1 de la fase 2 se ejecutaría simultáneamente a la Etapa 1 de la fase 1; asimismo, autorizó la modificación del Término Segundo por un plazo de 26 años y 3 meses, con un programa calendarizado de trabajo dividido en cuatro fases, con cuatro etapas cada uno, para la preparación del sitio y construcción del proyecto.

- El 14 de agosto del 2015, la Promovente solicitó a esta DGIRA la modificación del programa general de trabajo y del Término Primero inciso 2 del oficio resolutivo SGPA/DGIRA/DG/04219 de fecha 19 de junio del 2013.

- El 26 de agosto del 2015, a través del oficio No. SGPA/DGIRA/DG/5758, DGIRA autorizó la modificación solicitada para el proyecto, consistente en anticipar el inicio de la etapa 2 de la fase 1, conforme al programa general de trabajo, realizando durante esa etapa la construcción de algunos tramos de las vialidades tipo 1, 2 y 3.

- El 11 de abril del 2016, se recibió en la Dirección General de Impacto y Riesgo Ambiental, el escrito sin número a la fecha de su presentación, a través del cual la Promovente solicitó la modificación del proyecto denominado “El Ximbal” el cual fue autorizado de manera condicionada a través del oficio No. SGPA/DGIRA/DG/04219 de fecha 19 de junio del 2013.

- El 19 de abril del 2016, mediante el oficio número SGPA/DGIRA/DG/2553 esta DGIRA determinó solicitar información adicional al Promovente, a fin de que aclarara, profundizara o desarrollara, según fuera el caso, diversos aspectos relacionados con la modificación del proyecto; oficio que fue notificado el 21 de abril del 2016. El 6 de mayo del 2016, se recibió escrito a la fecha de su presentación, a través del cual la Promovente ingresó la información adicional solicitada.

- Que el 11 de mayo del 2016, se recibió en esta DGIRA vía correo electrónico información complementaria con relación a la modificación del proyecto, misma que fue ingresada físicamente en esa misma fecha en la Delegación Federal de esta Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales en el estado de Quintana Roo. Esta solicitud de modificación del proyecto puesta a consideración por la Promovente consistía en: El cambio de trayectoria del corredor biológico en lotes L10 y L36, la modificación de la ubicación y superficie del derecho de vía de Comisión Federal de Electricidad, un ajuste de la nomenclatura y superficie de las vialidades y ajuste de la zonificación y redistribución de los lotes, así como el ajuste de los parámetros urbanísticos; y la modificación del Programa General de Trabajo.

- El 12 de mayo de 2016 la DGIRA emitió el oficio resolutivo SGPA/DGIRA/DG/03246 mediante el cual resolvió autorizar las modificaciones solicitadas (Anexo 3.2).

- El 23 de noviembre de 2018, se ingresó a esta Dirección el trámite de modificación del proyecto, solicitando la redistribución de obras y lotes, así como el cambio de nombre del proyecto, pasando de “El Ximbal”, a “Ciudad Mayakoba”. Esta modificación fue autorizada mediante el oficio número SGPA/DGIRA/DG/09500 de fecha 07 de diciembre de 2018 (Anexo 3.3).

- El 01 de octubre de 2020 se ingresó a esta Dirección el trámite de modificación para la relocalización de usos y destinos del suelo e intercambio de potencialidades de edificación del plan maestro Ciudad Mayakoba. Esta modificación fue autorizada mediante oficio SGPA/DGIRA/DG/04903 de fecha 15 de octubre de 2020 (Anexo 3.4).

- El 04 de mayo de 2021 se ingresó a esta Dirección el trámite de modificación del proyecto, para el cambio de uso de suelo habitacional (HP-1) de los Lotes denominados 13 y 32 (Lotes 03 y 08, manzana 01) a uso de suelo mixto comercial (MC-1), sin modificar la densidad autorizada en el oficio de autorización. Esta modificación fue autorizada mediante oficio SGPA/DGIRA/DG/02437 de fecha 19 de junio de 2021 (Anexo 3.5).

- El 10 de marzo de 2022 se ingresó a esta Dirección el trámite de modificación del proyecto, para la reubicación de las tres obras distribuidas en el lote 38 hacia áreas autorizadas en materia de cambio de uso de suelo en terrenos forestales dentro del mismo lote 38, así como el desistimiento de la construcción de las dos obras localizada en el lote 68, dejando a salvo los derechos de poder aprovechar las superficies de las obras objeto de la modificación. Esta modificación fue autorizada mediante oficio SGPA/DGIRA/DG-01896-22.

Hasta la fecha se han presentado de manera oportuna los Informes de Cumplimiento de Términos y Condicionantes ante su H. Autoridad, cumpliendo con las obligaciones legales y ambientales que se han plasmado en los diversos oficios resolutivos del proyecto Ciudad Mayakoba, anteriormente “El Ximbal”.

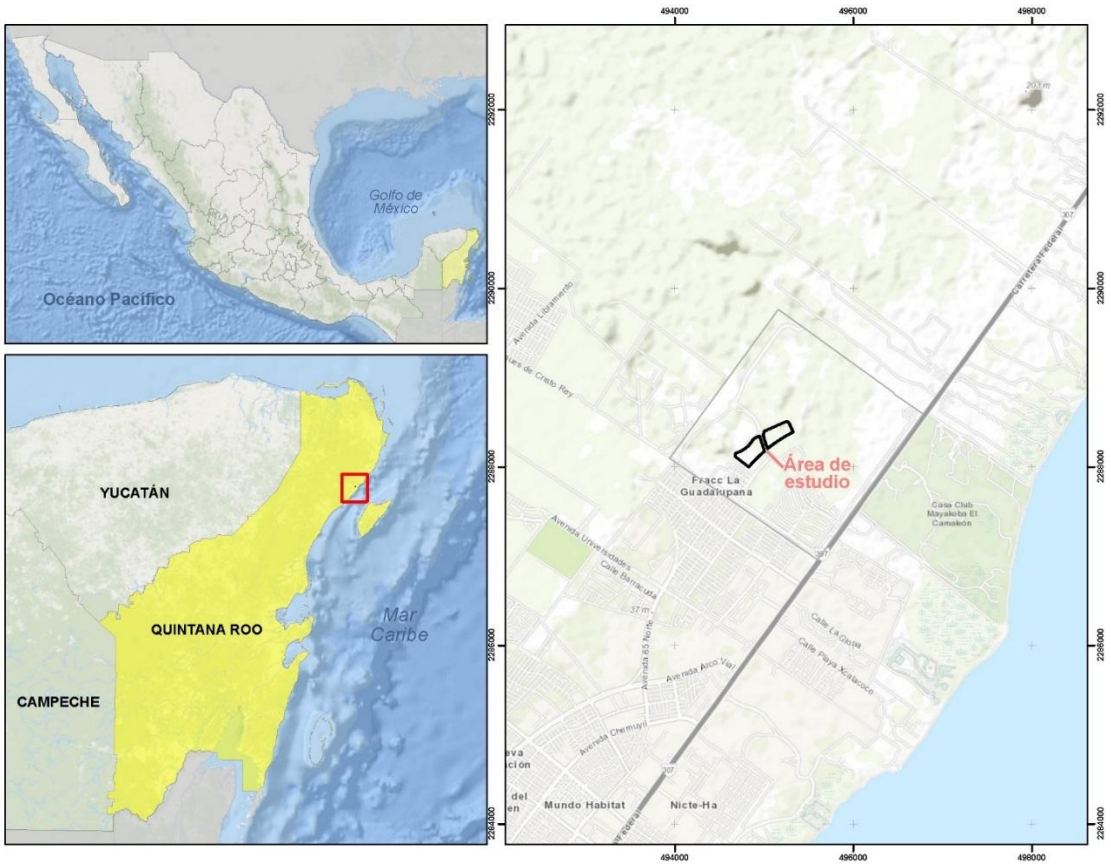
El predio donde se ejecutará el Proyecto, se ubica en el kilómetro 298 de la Carretera Federal 307, Reforma Agraria-Puerto Juárez, en la zona norponiente de la ciudad Playa del Carmen, Municipio de Solidaridad, en el estado de Quintana Roo. A su vez, éste se inserta en el macroproyecto autorizado en materia de impacto ambiental Ciudad Mayakoba.

El proyecto denominado “Rotonda” consiste en el desarrollo urbano orientado al producto de vivienda plurifamiliar (multifamiliar) y lotes comerciales, diseñado en armonía con el medio ambiente, incluyendo extensas áreas verdes a las que se integre la infraestructura adecuada para llevar a cabo las actividades requeridas y contempladas en el plan maestro Ciudad Mayakoba.

3.3. Información General del Proyecto

El Proyecto se ubica a la altura del kilómetro 299 de la carretera Federal 307, Reforma Agraria – Puerto Juárez, en la zona norponiente de la Ciudad de Playa del Carmen, Municipio de Solidaridad en el Estado de Quintana Roo. Asimismo, se inserta en los lotes 13 y 32, del proyecto Ciudad Mayakoba (Figura 3. 1).

Figura 3. 1. Ubicación regional del Proyecto.



Las obras y actividades que engloban el Proyecto están contenidas en los conceptos que a continuación se enlistan, siendo estos detallados en el Capítulo 2 del DTU-BP.

- Torres (edificios)
- Estacionamiento
- Andadores
- Vialidades
- Casetas
- Bodegas
- Espejo de agua
- Áreas verdes
- Áreas de conservación

Conforme a lo establecido en la LGEEPA y su Reglamento en materia de Evaluación de Impacto Ambiental, el objetivo de este capítulo es analizar la vinculación y congruencia del Proyecto propuesto con los diferentes instrumentos de planeación y política ambiental de carácter Estatal, Federal y Municipal que resultan aplicables al Proyecto de acuerdo a su ubicación geográfica. Entre los instrumentos analizados se encuentran:

- Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos.
- Tratados Internacionales.
  - Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático.
  - Acuerdo de París
  - Declaración de Río Sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo
  - Protocolo Adicional a la Convención Americana sobre Derechos Humanos en Materia de Derechos Económicos, Sociales y Culturales, Protocolo de San Salvador.
  - Convenio sobre la Diversidad Biológica.
- Leyes Generales y Federales, así como sus respectivos Reglamentos.
  - Ley General del Equilibrio Ecológico y al Protección al Ambiente y reglamentos aplicables.
  - Ley General de Vida Silvestre.
  - Ley Federal de Responsabilidad Ambiental.
  - Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos y reglamentos aplicables.
  - Ley General de Cambio Climático.
  - Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable.
- Leyes y Reglamentos Estatales.
  - Ley del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente del Estado de Quintana.
  - Programa Estatal de Acción ante el Cambio Climático en Quintana Roo.
  - Ley para la Prevención y la Gestión Integral de Residuos del Estado de Quintana Roo.
  - Reglamento de Construcción del Municipio de Solidaridad.
- Programas Sectoriales.
  - Plan Nacional de Desarrollo.
  - Programa Sectorial de Medio Ambiente y Recursos Naturales.
- Instrumentos de Ordenamiento Ecológico.
  - Programa de Ordenamiento Ecológico General del Territorio.
  - Programa de Ordenamiento Ecológico Marino y Regional del Golfo de México y Mar Caribe.
  - Programa de Ordenamiento Ecológico Local del municipio de Solidaridad.
- Planes y Programas de Desarrollo Urbano.

  - Plan Municipal de Desarrollo 2018-2021 del Municipio de Solidaridad, Quintana Roo.
  - Programa Parcial de Desarrollo Urbano el Jesusito.
- Áreas Naturales Protegidas.
- Regiones y Sitios Prioritarios.
- Sitios RAMSAR.
- Normas Oficiales Mexicanas.
  - NOM-001-SEMARNAT-1996.
  - NOM-002-SEMARNAT-1996.
  - NOM-003-SEMARNAT-1997.
  - NOM-003-CONAGUA-1996.
  - NOM-052-SEMARNAT-2005.
  - NOM-054-SEMARNAT-1993.
  - NOM-161-SEMARNAT-2011.
  - NOM-076-SEMARNAT-2012.
  - NOM-077-SEMARNAT-1995.
  - NOM-080-SEMARNAT-1994.
  - NOM-081-SEMARNAT-1994.
  - NOM-085-SEMARNAT-2011.
  - NOM-138-SEMARNAT-SSA1-2012.
  - NOM-059-SEMARNAT-2010.
  - NOM-022-SEMARNAT-2003.
  - NOM-162-SEMARNAT-2012.
  - NOM-001-STPS-2008.
  - NOM-002-STPS-2010.
  - NOM-017-STPS-2008.
  - NOM-025-STPS-2008.
  - NOM-003-SEGOB-2011.

3.4. Vinculación con los Ordenamientos Jurídicos Aplicables

3.4.1. Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos

La Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos (CPEUM) de 1917 es la norma fundamental o Carta Magna de nuestro país, establecida para regir jurídicamente al mismo. Dentro de esta, se fijan y definen las relaciones tanto de coordinación, supra ordinación y de supra a subordinación; estableciendo los límites existentes entre estas.

Aunado a lo anterior, nuestra Carta Magna precisa las bases para el gobierno y la organización de las instituciones, así como los derechos y los deberes de la ciudadanía mexicana; separándose en dos apartados generales: La parte dogmática y la parte orgánica, siendo la primera la que establece los derechos y libertades con los que cuenta el pueblo mexicano, y la segunda, la que enuncia la organización de los poderes públicos con sus respectivas competencias.

La CPEUM señala en su artículo 133 lo siguiente:

“Artículo 133. Esta Constitución, las leyes del Congreso de la Unión que emanen de ella y todos los tratados que estén de acuerdo con la misma, celebrados y que se celebren por el Presidente de la República, con aprobación del Senado, serán la Ley Suprema de toda la Unión. Los jueces de cada entidad federativa se arreglarán a dicha Constitución, leyes y tratados, a pesar de las

disposiciones en contrario que pueda haber en las Constituciones o leyes de las entidades federativas".

En tal virtud, se entiende que la Ley Suprema del Estado está constituida por tres conceptos:

- La Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos.
- Las Leyes Generales.
- Los Tratados Internacionales a los que México pertenezca.

De esta forma, la Constitución Federal y los Tratados Internacionales suscritos y ratificados por nuestro país en términos del anterior artículo transcrito, serán la norma suprema en el país. Esto se corrobora con el acuerdo del Pleno de la Suprema Corte de Justicia de la Nación que resolvió la Contradicción de Tesis del expediente 293/2011, en razón de que la interpretación previa afirmaba que los Tratados Internacionales debían ser considerados de forma subordinada a la Constitución, mientras que ahora -específicamente en materia de Derechos Humanos-, los Tratados y la Constitución se deben interpretar y observar de forma integral y no jerárquica.

El artículo 1º de nuestra Carta Magna establece que todos gozaremos de los derechos humanos reconocidos en esta Constitución y en los tratados internacionales de los que el Estado Mexicano sea parte. Una parte medular de este artículo, es que no se limita a otorgar derechos, sino que reconoce a los demás que existan en los tratados a los que México esté adherido. Con lo anterior en consideración, la gama de Derechos Humanos se extiende a distintos ordenamientos y Legislaciones cuyo fin es preservar, reconocer y fomentar los derechos inherentes del hombre.

En consecuencia, la empresa promovente del Proyecto se da por enterada de esto y manifiesta que como lo tomará en consideración en todo momento, respetando e impulsando derechos humanos plasmados tanto en la Constitución Federal, como en diversos instrumentos de la misma índole. De esta forma, el Proyecto tomará como directrices los siguientes derechos, citándolos de manera indicativa, más no limitativa:

a) Derecho a la vida digna
b) Derecho a la salud
c) Derecho a un medio ambiente sano

Aunado a lo anterior, se manifiesta que se respetará al pie de la letra lo que establece el artículo 4° de nuestra Carta Magna, mismo que se transcribe a continuación:

Artículo 4°.

[…]Toda persona tiene derecho a un medio ambiente sano para su desarrollo y bienestar. El Estado garantizará el respeto a este derecho. El daño y deterioro ambiental generará responsabilidad para quien lo provoque en términos de lo dispuesto por la ley. […]

De acuerdo a este enunciado, las personas deberán gozar el derecho a un medio ambiente sano para el desarrollo y bienestar, que, como derecho humano y fundamental, consagra el artículo 4º párrafo quinto de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, por lo que este se desarrolla en dos aspectos:

a) La obligación de respetar preservar la sustentabilidad del entorno ambiental, que implica la no afectación ni lesión a este y,

b) La obligación de las autoridades de vigilancia, conservación y garantía de que sean atendidas las regulaciones pertinentes.

Por lo tanto, en el presente Proyecto se reconoce y considera la necesidad de mantener un medio ambiente sano como un derecho humano y fundamental de todas las personas en los Estados Unidos Mexicanos. De esta manera, con la presentación de este documento, el análisis respectivo de las autoridades y la concordancia con los ordenamientos jurídicos dirigidos al medio ambiente; se asegura el respeto al derecho fundamental establecido en el artículo 4° de nuestra Carta Magna.

Asimismo, y conforme a lo establecido en el párrafo primero del Artículo 27, la Promovente mediante la presentación de este Documento Técnico Unificado, como legítimo propietario del predio del Proyecto se ha comprometido a cumplir con las modalidades que dicta el interés público a la propiedad privada. Esto se realiza a través del estricto cumplimiento de los criterios de regulación ecológica y urbanísticos, subordinando el ejercicio del derecho de propiedad a la aplicación de la legislación ambiental vigente y sometiendo el proceso de planificación del Proyecto a los más estrictos parámetros ambientales, con el fin de garantizar la conservación y continuidad de los ecosistemas presentes en el predio.

Finalmente, se da cumplimiento a lo establecido en el artículo 115, el cual establece que las entidades federativas adoptarán, para su régimen interior, la forma de gobierno republicano, representativo, democrático, laico y popular, teniendo como base de su división territorial y de su organización política y administrativa, el municipio libre, conforme a las bases siguientes:

> *"[…]*
> *V. Los Municipios, en los términos de las leyes federales y Estatales relativas, estarán facultados para:*
> *a) Formular, aprobar y administrar la zonificación y planes de desarrollo urbano municipal;*
> *b) Participar en la creación y administración de sus reservas territoriales;*
> *c) Participar en la formulación de planes de desarrollo regional, los cuales deberán estar en concordancia con los planes generales de la materia. Cuando la Federación o los Estados elaboren Proyectos de desarrollo regional deberán asegurar la participación de los municipios;*
> *d) Autorizar, controlar y vigilar la utilización del suelo, en el ámbito de su competencia, en sus jurisdicciones territoriales;*
> *e) Intervenir en la regularización de la tenencia de la tierra urbana;*
> *f) Otorgar licencias y permisos para construcciones;*
> *g) Participar en la creación y administración de zonas de reservas ecológicas y en la elaboración y aplicación de programas de ordenamiento en esta materia;"*

Al respecto, se manifiesta que el proyecto "Rotonda" se ajusta a los lineamientos del Programa de Desarrollo Urbano aplicable y a las regulaciones de uso de suelo correspondientes por ser vinculantes y obligatorios en el territorio y zona en que se ubica la poligonal envolvente del Proyecto.

3.4.2. Tratados Internacionales

El artículo 133 de nuestra Carta Magna señala que, la Constitución, en conjunto con las leyes del Congreso de la Unión que emanen de ella y los tratados que estén de acuerdo con la misma; serán la Ley Suprema del Estado.

Los tratados internacionales a los que México está suscrito en materia de medio ambiente, son una brújula que contiene directrices respecto a diferentes principios y medidas a considerar por parte tanto de los promoventes de proyectos que puedan afectar de alguna manera los ecosistemas, como de las autoridades legislativas para orientarlos en las políticas de esta materia.

Con lo anterior en consideración, al dar total cumplimiento a la legislación mexicana en materia ambiental, así como a las consideraciones existentes en el derecho internacional, se da cumplimiento a este apartado.

3.4.2.1. Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático

La Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC) fue firmada en Nueva York el 13 de junio de 1992 y entró en vigor el 21 de marzo de 1994. Este es un documento marco, es decir, un texto que debe enmendarse o desarrollarse con el tiempo para que los esfuerzos frente al calentamiento atmosférico y el cambio climático puedan orientarse mejor y ser más eficaces. Uno de los principales objetivos de este convenio es obtener la estabilización de las concentraciones de gases de efecto invernadero en la atmósfera.

En la CMNUCC, se reconoce que todos los países necesitan tener acceso a los recursos necesarios para lograr un desarrollo económico y social sostenible. Con lo anterior en consideración, se realiza la vinculación de los artículos aplicables con el Proyecto.

Artículo 3: las partes, en las medidas que adopten para lograr el objetivo de la convención y aplicar sus disposiciones, se guiarán, entre otras cosas, por lo siguiente:

1. *Las partes deberían proteger el sistema climático en beneficio de las generaciones presentes y futuras, sobre la base de la equidad y de conformidad con sus responsabilidades comunes pero diferenciadas y sus respectivas capacidades. En consecuencia, las partes que son países desarrollados deberían tomar la iniciativa en lo que respecta a combatir el cambio climático y sus efectos adversos.*

VINCULACIÓN

El desarrollo humano actualmente debe tener como objetivo ser sostenible, por lo que el presente Proyecto consideró en su diseño las regulaciones establecidas por las disposiciones jurídicas que le aplican, con el objetivo de establecer 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, a fin de evitar o reducir al mínimo sus efectos negativos sobre el medio ambiente, tal y como establece el procedimiento de evaluación de impacto ambiental. Se manifiesta que se tendrá especial atención en el manejo integral de los residuos, incluyendo los peligrosos y biológico infecciosos.

Asimismo, los artículos 3° y 4° de este Decreto, señalan principios y compromisos para prevenir, mitigar o reducir las causas del cambio climático, con el fin de alcanzar el desarrollo sostenible

para las generaciones futuras. De este modo, por medio de los instrumentos jurídicos que guían el desarrollo ambiental de nuestro país, se verifica que el Proyecto dé cumplimiento a lo establecido en ellos.

3.4.2.2. Acuerdo de París

El Acuerdo de París fue adoptado el 12 de diciembre de 2015 en el marco de la 21ª Conferencias de las Partes (COP21) de la CMNUCC y entró en vigor el 4 de noviembre de 2016. Este instrumento jurídico internacional tiene como objetivo fortalecer la respuesta mundial a la amenaza del cambio climático, manteniendo el aumento de la temperatura media mundial por debajo de los 2 °C con respecto a los niveles preindustriales, y proseguir los esfuerzos para limitar dicho aumento a 1.5 °C.

El Acuerdo de París también busca incrementar la capacidad de adaptación a los efectos adversos del cambio climático y promover un desarrollo con bajas emisiones de gases de efecto invernadero, sin comprometer la producción alimentaria ni el desarrollo económico de las naciones. En este sentido, se reconoce la necesidad de integrar acciones de mitigación y adaptación dentro de las políticas nacionales, regionales y locales, así como la importancia de conservar y fortalecer los ecosistemas naturales como infraestructura estratégica para la resiliencia climática.

Artículo 7

1. *Por el presente, las Partes establecen el objetivo mundial relativo a la adaptación, que consiste en aumentar la capacidad de adaptación, fortalecer la resiliencia y reducir la vulnerabilidad al cambio climático con miras a contribuir al desarrollo sostenible y lograr una respuesta de adaptación adecuada en el contexto del objetivo referente a la temperatura que se menciona en el artículo 2.*

2. *Las Partes reconocen que la adaptación es un desafío mundial que incumbe a todos, con dimensiones locales, subnacionales, nacionales, regionales e internacionales, y que es un componente fundamental de la respuesta mundial a largo plazo frente al cambio climático y contribuye a esa respuesta, cuyo fin es proteger a las personas, los medios de vida y los ecosistemas, teniendo en cuenta las necesidades urgentes e inmediatas de las Partes que son países en desarrollo particularmente vulnerables a los efectos adversos del cambio climático.*

VINCULACIÓN

El Proyecto se encuentra vinculado con los principios del Acuerdo de París, al incorporar en su planeación y diseño los criterios de sostenibilidad ambiental, eficiencia energética y resiliencia climática. Estas acciones contribuyen a los compromisos nacionales establecidos por México en sus Contribuciones Determinadas a Nivel Nacional (NDC), en las que se promueve el desarrollo de infraestructura urbana sostenible y la reducción de emisiones provenientes del sector de la construcción.

En este sentido, el Proyecto integra medidas que fomentan la conservación de los recursos naturales y la mitigación de impactos ambientales, como el manejo adecuado de residuos, el uso eficiente del agua, la incorporación de materiales con bajo impacto ambiental y la conservación de áreas verdes que actúan como infraestructura ecológica complementaria.

De manera particular, el desarrollo propuesto se concibe como parte de la infraestructura estratégica del país, al contribuir a un modelo urbano ordenado, seguro y sostenible, que favorece tanto el bienestar social como la protección de los ecosistemas circundantes. Así, se fortalece la resiliencia territorial y se promueve una relación equilibrada entre el crecimiento económico y la preservación ambiental.

El cumplimiento de los lineamientos del Acuerdo de París, junto con las políticas nacionales de cambio climático, garantiza que el Proyecto avance en concordancia con los objetivos globales de reducción de emisiones y adaptación, consolidándose como una acción que impulsa el desarrollo urbano sostenible y la infraestructura resiliente al clima, en beneficio de las generaciones presentes y futuras.

3.4.2.3. Declaración de Río sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo

El objetivo de este tratado es establecer una alianza mundial mediante la creación de nuevos niveles de cooperación entre los Estados, los sectores claves de las sociedades y las personas, procurando alcanzar acuerdos internacionales en los que se respeten los intereses de todos y se proteja la integridad del Sistema Ambiental y de desarrollo mundial, reconociendo la naturaleza integral e interdependiente de la Tierra. En la Tabla 3. 1 se presenta la vinculación del Proyecto con los principios aplicables.

Tabla 3. 1. Vinculación del Proyecto con la Declaración de Río sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo.

Declaración de Río sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo	
Principio 1	Los seres humanos constituyen el centro de las preocupaciones relacionadas con el desarrollo sostenible. Tienen derecho a una vida saludable y productiva en armonía con la naturaleza.
La Promovente se compromete a realizar un Proyecto que se enfocará en el desarrollo sostenible de la zona, propiciando un espacio de vivienda en armonía con el ecosistema adyacente, en la región sureste de México.	
Principio 3	El derecho al desarrollo debe ejercerse en forma tal que responda equitativamente a las necesidades de desarrollo y ambientales de las generaciones presentes y futuras.
Se tomarán en consideración las medidas pertinentes para realizar este Proyecto conforme a las necesidades actuales y de las generaciones futura.	
Principio 4	A fin de alcanzar el desarrollo sostenible, la protección del medio ambiente deberá constituir parte integrante del proceso de desarrollo y no podrá considerarse en forma aislada.
Se cumple este principio al dejar áreas específicas del Proyecto como zonas de conservación, así como no afectando de manera significativa los ecosistemas, mediante la implementación de las medidas de prevención, mitigación y compensación necesarias, mismas que pueden ser consultadas a detalle en el Capítulo 7 que forma parte de este DTU-BP.	
Principio 15	Con el fin de proteger el medio ambiente, los estados deberán aplicar ampliamente el criterio de preocupación conforme a sus capacidades. Cuando haya peligro de daño grave o irreversible, la falta de certeza científica absoluta no deberá utilizarse como razón para postergar la adopción de medidas eficaces en función de los costos para impedir la degradación del medio ambiente.
Esta es una obligación dirigida a las autoridades, sin embargo, el Proyecto considera la implementación de las medidas de prevención, mitigación y compensación necesarias, para la protección de medio ambiente.	

3.4.2.4. Protocolo Adicional a la Convención Americana sobre Derechos Humanos en materia de Derechos Económicos, Sociales Y Culturales, Protocolo de San Salvador

El día 27 de diciembre de 1995, se publicó en el Diario Oficial de la Federación el Decreto por el que se aprueba el Protocolo Adicional a la Convención Americana sobre Derechos Humanos en Materia de Derechos Económicos, Sociales y Culturales, Protocolo de San Salvador. En la siguiente Tabla 3. 2, se presenta la vinculación del Proyecto con los artículos aplicables.

Tabla 3. 2. Vinculación del Proyecto con el Protocolo de San Salvador.

Instrumento Normativo	Vinculación con el Proyecto
Artículo 2. Obligación de adoptar disposiciones de derecho interno. Si el ejercicio de los derechos establecidos en el presente Protocolo no estuviera ya garantizado por disposiciones legislativas o de otro carácter, los Estados Partes se comprometen a adoptar, con arreglo a sus procedimientos constitucionales y a las disposiciones de este Protocolo las medidas legislativas o de otro carácter que fueren necesarias para hacer efectivos tales derechos. […]	Respecto a este artículo, se manifiesta que al dar cumplimiento a las disposiciones legislativas de la materia que nos compete, se cumple de manera indirecta con lo establecido en este Protocolo.
Artículo 11. Derecho a un medio ambiente sano. 1. Toda persona tiene derecho a vivir en un medio ambiente sano y a contar con servicios públicos básicos. 2. Los Estados Partes promoverán la protección, preservación y mejoramiento del medio ambiente.”	Como se demuestra a lo largo de este y los demás capítulos del presente DTU-BP, el Proyecto en conjunto con Ciudad Mayakoba, presentan un fuerte compromiso con el medio ambiente, integrando los ecosistemas registrados en el predio y el Sistema Ambiental al diseño del Proyecto. De esta forma, se propone un espacio dirigido al desarrollo sustentable en armonía con el ambiente, evitando la afectación al mismo.

3.4.2.5. Convenio sobre la Diversidad Biológica

Convenio sobre la Diversidad Biológica (CDB) fue adoptado el 22 de mayo de 1992 durante la Conferencia de las Naciones Unidas sobre Medio Ambiente y Desarrollo, celebrada en Río de Janeiro, y entró en vigor el 29 de diciembre de 1993. México es Parte de este Convenio desde 1993, el cual constituye uno de los principales instrumentos internacionales para la conservación y uso sostenible de los recursos naturales.

El CDB reconoce que la diversidad biológica es esencial para el funcionamiento de los ecosistemas y para el bienestar humano, y que su conservación constituye una preocupación común de toda la humanidad. El Convenio establece tres objetivos fundamentales:

1. La conservación de la diversidad biológica.

2. La utilización sostenible de sus componentes.

3. La participación justa y equitativa en los beneficios que se deriven de la utilización de los recursos genéticos.

VINCULACIÓN

El Proyecto se vincula con los principios y objetivos del Convenio sobre la Diversidad Biológica, al promover un modelo de desarrollo que integra criterios ambientales en todas las etapas del diseño, preparación, construcción y operación.

En relación con el primer objetivo, el Proyecto incorpora medidas de protección y conservación de la flora y fauna local, evitando la fragmentación de hábitats y respetando las áreas naturales de valor ecológico. Asimismo, se fomenta la conservación de la vegetación nativa y la creación de espacios verdes urbanos que actúan como corredores biológicos y contribuyen a mantener la conectividad ecológica.

Respecto al segundo objetivo, el Proyecto adopta principios de uso sostenible de los recursos naturales, mediante estrategias de eficiencia en el consumo de agua y energía, el manejo responsable de residuos. Estas acciones contribuyen a reducir la presión sobre los ecosistemas y a garantizar que el aprovechamiento de los recursos se realice dentro de los límites ecológicos permitidos.

En cuanto al tercer objetivo, el Proyecto fomenta la participación equitativa de la comunidad local en los beneficios derivados del desarrollo urbano y comercial, impulsando la economía regional y generando empleos bajo un esquema de responsabilidad social y ambiental. De esta manera, se asegura que el desarrollo de infraestructura contribuya al bienestar social sin comprometer la integridad de los ecosistemas.

Con ello, el Proyecto se integra a las estrategias nacionales de protección ambiental y de infraestructura sostenible, alineándose con los compromisos internacionales asumidos por México en materia de biodiversidad. Así, se consolida como una acción que promueve el equilibrio entre el desarrollo urbano y la conservación del capital natural, en concordancia con los objetivos del Convenio sobre la Diversidad Biológica y los principios del desarrollo sostenible

3.4.3. Leyes Generales y Federales

Nuevamente refiriendo al artículo 133 de la Ley Suprema, se señala que la Constitución, en conjunto con las leyes del Congreso de la Unión que emanen de ella y los tratados que estén de acuerdo con la misma; serán la Ley Suprema del Estado. Asimismo, la tesis P. VIII/2007 emitida por el Pleno de la Suprema Corte de Justicia de la Nación señala que el artículo constitucional previamente citado, corresponden no a las leyes federales, sino a aquellas que inciden en todos los órdenes jurídicos parciales que integran al Estado Mexicano, es decir, las Leyes Generales.

En ese sentido, las leyes generales son normas jurídicas aplicables en todo el territorio nacional cuya formulación compete a la Federación en cumplimiento de sus atribuciones, y que surgen para normar determinado campo específico. A continuación, se presenta la vinculación de las Leyes Generales aplicables en la materia con el presente Proyecto.

3.4.3.1. Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente

Tabla 3. 3. Vinculación del Proyecto con la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente.

Instrumento Normativo	Vinculación con el Proyecto
Artículo 3. Para los efectos de esta Ley se entiende por: […] XIII Bis.- Ecosistemas costeros: Las playas, las dunas costeras, los acantilados, franjas intermareales; los humedales costeros tales como las lagunas interdunarias, las lagunas costeras, los esteros, las marismas, los pantanos, las ciénegas, los manglares, los petenes, los oasis, los cenotes, los pastizales, los palmares y las selvas inundables; los arrecifes de coral; los ecosistemas formados por comunidades de macroalgas y de pastos marinos, fondos marinos o bentos y las costas rocosas. Estos se caracterizan porque se localizan en la zona costera pudiendo comprender porciones marinas, acuáticas y/o terrestres; que abarcan en el mar a partir de una profundidad de menos de 200 metros, hasta 100 km tierra adentro o 50 m de elevación. La Secretaría, en colaboración con las entidades federativas y los municipios, determinará la zona costera nacional tomando en consideración las interacciones fisiográficas y biológicas particulares de la zona que se trate y la publicará en el Diario Oficial de la Federación mediante Acuerdo.	Se vincula de manera posterior a la Tabla 3.3 para facilitar la lectura.
Artículo 15. Para la formulación… Fracción IV. - Quien realice obras o actividades que afecten o puedan afectar el ambiente, está obligado a prevenir, minimizar o reparar los daños que cause, así como a asumir los costos que dicha	El Proyecto da cumplimiento a esta disposición por medio de la implementación de diversas acciones y medidas encausadas a prevenir, mitigar y compensar los posibles impactos negativos que se pudieran ocasionar durante las diferentes etapas de desarrollo del Proyecto, las cuales se pueden

Instrumento Normativo	Vinculación con el Proyecto
afectación implique. Asimismo, debe incentivarse a quien proteja el ambiente, promueva o realice acciones de mitigación y adaptación a los efectos del cambio climático y aproveche de manera sustentable los recursos naturales;	consultar en el Capítulo 7 de este DTU-BP. Dentro de estas acciones se encuentran el Programa de Manejo Integral de Residuos Sólidos, donde se incluye que, durante las etapas de preparación y construcción del Proyecto, los residuos sólidos generados se deberán acopiar de manera separada en contenedores; la limpieza de las zonas colindantes, para evitar el arrastre eventual de los materiales que se puedan derivar por la construcción, etc.
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: … VII.- Cambios de uso del suelo de áreas forestales, así como en selvas y zonas áridas; IX.- Desarrollos inmobiliarios que afecten los ecosistemas costeros; X.- Obras y actividades en humedales, ecosistemas costeros, lagunas, ríos, lagos y esteros conectados con el mar, así como en sus litorales o zonas federales… […]	Se confirma la congruencia con lo establecido en los numerales VII, IX y X toda vez que el Proyecto considera la remoción de vegetación de selva mediana subperennifolia / vegetación secundaria arbórea en una superficie de 7.98 ha, además de que considera obras y actividades para la conformación de un desarrollo inmobiliario en zonas costeras y sus ecosistemas asociados. La descripción de las obras que se someten al procedimiento de evaluación de impacto ambiental se describe a detalle en el Capítulo 2 de este DTU-BP. Posterior a la Tabla 3.3 se presenta la vinculación detallada con el Articulo. 3 y 28 de la LGEEPA para facilitar la lectura.
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.	El Capítulo 3 sujeto a revisión de la autoridad, contiene la vinculación con los ordenamientos jurídicos en materia ambiental y demás disposiciones estatales y locales aplicables.
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	El Proyecto da cumplimiento a lo indicado por este artículo, lo anterior con la presentación de este DTU-BP que integra la información de una manifestación de impacto ambiental modalidad particular, en el cual se describen los impactos ambientales a generarse y se establecen las

Instrumento Normativo	Vinculación con el Proyecto
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.	medidas de prevención, mitigación y compensación que serán aplicadas.
Artículo 34. Una vez que la Secretaría reciba una manifestación de impacto ambiental e integre el expediente a que se refiere el artículo 35, pondrá ésta a disposición del público, con el fin de que pueda ser consultada por cualquier persona. Los promoventes de la obra o actividad podrán requerir que se mantenga en reserva la información que haya sido integrada al expediente y que, de hacerse pública, pudiera afectar derechos de propiedad industrial, y la confidencialidad de la información comercial que aporte el interesado. La Secretaría, a solicitud de cualquier persona de la comunidad de que se trate, podrá llevar a cabo una consulta pública […]	La Promovente dará cumplimiento a las formalidades de publicidad del Proyecto en la materia para que los interesados puedan tener acceso a la información relativa y en su caso, se realicen las consultas públicas necesarias.
Artículo 99. Los criterios ecológicos para la preservación y aprovechamiento sustentable del suelo se considerarán en: […] XII. La formulación de los programas de ordenamiento ecológico a que se refiere esta Ley.	Se da cumplimiento a este artículo debido a que el presente Proyecto se sujeta y ajusta a lo previsto por el Programa de Ordenamiento Ecológico Local del Municipio de Solidaridad, publicado en el Periódico Oficial del Estado el 25 de marzo de 2009.
Artículo 121. No podrán descargarse o infiltrarse en cualquier cuerpo o corriente de agua o en el suelo o subsuelo, aguas residuales que contengan contaminantes, sin previo tratamiento y el permiso o autorización de la autoridad federal, o de la autoridad local en los casos de descargas en aguas de jurisdicción local o a los sistemas de drenaje y alcantarillado de los centros de población.	La Promovente manifiesta que el Proyecto no contempla la descarga o infiltraciones de aguas residuales a cuerpos de agua. La disposición de las aguas residuales que se generen durante el desarrollo de las obras, por el uso de baños portátiles, se realizará a través de la contratación de una empresa debidamente autorizada para dar el servicio y que emita los certificados correspondientes de cumplimientos. Las aguas residuales que se generen serán descargadas al sistema de drenajes correspondiente al municipio de Solidaridad.
Artículo 151. La responsabilidad del manejo y disposición final de los residuos peligrosos corresponde a quien los genera. En el caso de que se contrate los servicios de manejo y disposición final de los residuos peligrosos con empresas autorizadas por la Secretaría y los residuos sean entregados a dichas empresas, la responsabilidad por las operaciones será de éstas independientemente de la responsabilidad que, en su caso, tenga quien los generó.	La Promovente tiene en consideración que en las etapas de operación y mantenimiento se prevé la generación controlada de residuos líquidos peligrosos como: thiner, restos de pintura aceitosa, brochas, plásticos, esmaltes, estopas impregnadas de residuos y aceite industrial. Para el manejo correcto de estos residuos peligrosos se aplicarán las medidas establecidas en el Programa de Manejo Integral de Residuos integrado en el Sistema de Manejo y Gestión Ambiental (SMGA) del Proyecto, mismo que está alineado a lo establecido en el SMGA del proyecto

Instrumento Normativo	Vinculación con el Proyecto
	autorizado Ciudad Mayakoba, tales como la confinación temporal de este tipo de residuos en contendedores plásticos o metálicos plenamente reconocidos que no estarán rotos o fisurados y serán colocados en un área que se habilitará como almacén temporal de residuos peligrosos para su posterior entrega a empresa autorizada para el manejo de residuos peligrosos, apegándose dichas acciones a lo establecido en la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos y su Reglamento.

3.4.3.1.1. Orden Jurídico Competente

De conformidad con lo dispuesto por los artículos 5º fracciones III y X; y 6º de la Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente corresponde a la Federación a través de la SEMARNAT la atención de los asuntos que afecten el equilibrio ecológico en el territorio nacional o en las zonas sujetas a su soberanía y jurisdicción de la nación, por lo que la evaluación y autorización del presente Documento Técnico Unificado es competencia del orden federal.

Ahora bien, como se ha hecho mención a lo largo del presente capítulo, el Proyecto que se pretende desarrollar encuadra en los supuestos normativos establecido en el artículo 28 fracciones VII, IX y X de la Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente; así como, en el artículo 5º fracciones O), Q) y R) de su Reglamento en Materia de Impacto Ambiental, puesto que se trata de un desarrollo inmobiliario que: i) implica el cambio de uso de suelo en terrenos forestales; ii) converge en ecosistemas costeros; y, iii) implica el desarrollo de obras y/o actividades en humedales, ecosistemas costeros, lagunas, ríos, lagos y esteros conectados al mar, así como en sus litorales o zonas federales.

> *[…]*
> *VII. Cambios de uso del suelo de áreas forestales, así como en selvas y zonas áridas;*
> *[…*
> *IX. Desarrollos inmobiliarios que afecten los ecosistemas costeros;*
> *X.- Obras y actividades en humedales, ecosistemas costeros, lagunas, ríos, lagos y esteros conectados con el mar, así como en sus litorales o zonas federales. En el caso de actividades pesqueras, acuícolas o agropecuarias se estará a lo dispuesto por la fracción XII de este artículo;*
> *[…*

En efecto, de acuerdo con el artículo 3º fracción XIII BIS de la Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente[3] se considera como ecosistema costero a: las playas, las dunas costeras, los acantilados, franjas intermareales; los humedales costeros…; que se localicen en la zona costera y cuenten con una profundidad menor a 200 metros.

En virtud de lo anterior, se desprende que las obras y/o actividades que mi representada pretende realizar para el desarrollo de su Proyecto, se encuentran previstas en las fracciones VII, IX y X del artículo 28 de la Ley General de Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, y en los incisos O) fracción I, Q) y R), de su Reglamento en materia de evaluación del impacto ambiental. Por lo que, dando cabal cumplimiento a lo establecido en dichas disposiciones jurídicas, mi representada somete el proyecto a evaluación de esa H. Autoridad.

Ahora bien, el artículo 10 del Reglamento de la Ley General de Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en materia de evaluación del impacto ambiental, establece que las manifestaciones de impacto ambiental deberán presentarse ya sea en su modalidad regional, o bien, en su modalidad particular.

Lo anterior, al tratarse de un proyecto que se pretende realizar en una región ecológica determinada. considerada, según lo dispuesto por la fracción XXXI el artículo 3º de la Ley General de Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, como la unidad territorial en la que se comparte características ecológicas, como lo es en la zona norponiente de la Ciudad de Playa del Carmen, Municipio de Solidaridad en el Estado de Quintana Roo, en donde se pretende ubicar el Proyecto; por lo que, la evaluación de impacto ambiental debe presentarse en su modalidad particular.

Respecto al entorno ambiental, se observa que el Proyecto y su Sistema Ambiental (SA), está dentro del ecosistema costero, ya que se ubica dentro de la franja de los 100 km de la línea de costa tierra-adentro, además, es de destacarse que el ecosistema no ha perdido sus características costeras pues, como se desprende de los resultados de los estudios geohidrológicos, existen corrientes y flujos freáticos que transportan nutrientes minerales a los ecosistemas costeros que tanto dependen de los cuerpos de agua subterráneos, por lo que debe vigilarse la conservación de las funciones ambientales del SA en la zona frente a la costa.

En virtud de lo anterior, resulta evidente que el proyecto se encuentra ubicado dentro de una región ecológica determinada y, por lo tanto, de conformidad con lo dispuesto por los artículos 10 fracción I y 11 del Reglamento de la Ley General de Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en materia de evaluación del impacto ambiental, el Proyecto debe ser evaluado en su modalidad regional.

[3] XIII Bis.- Ecosistemas costeros: Las playas, las dunas costeras, los acantilados, franjas intermareales; los humedales costeros tales como las lagunas interdunarias, las lagunas costeras, los esteros, las marismas, los pantanos, las ciénegas, los manglares, los petenes, los oasis, los cenotes, los pastizales, los palmares y las selvas inundables; los arrecifes de coral; los ecosistemas formados por comunidades de macroalgas y de pastos marinos, fondos marinos o bentos y las costas rocosas. Estos se caracterizan porque se localizan en la zona costera pudiendo comprender porciones marinas, acuáticas y/o terrestres; que abarcan en el mar a partir de una profundidad de menos de 200 metros, hasta 100 km tierra adentro o 50 m de elevación.

3.4.3.2. Ley General de Vida Silvestre

La Ley General de Vida Silvestre fue publicada en el Diario Oficial de la Federación el 3 de julio de 2000, y cuyo objeto es establecer la concurrencia del gobierno federal, de los gobiernos de los estados y de los municipios, en el ámbito de sus respectivas competencias, relativa a la conservación y aprovechamiento sustentable de la vida silvestre y su hábitat. En la Tabla 3. 4 se presenta la vinculación del Proyecto con los artículos aplicables.

Tabla 3. 4. Vinculación del Proyecto con la Ley General de Vida Silvestre.

Instrumento Normativo	Vinculación con el Proyecto
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.	La Promovente no pretende realizar el aprovechamiento de ejemplares de vida silvestre presentes en el predio del Proyecto, y en favor de garantizar la conservación de la vida silvestre que habita en el predio se implementará un Subprograma de Conservación de Especies que considera el rescate y reubicación de individuos de flora y fauna, conforme a lo establecido en la fracción IX del artículo 141 del Reglamento de la LGDFS, además de llevar a cabo las siguientes acciones: • En las zonas con cambio de uso de suelo (CUSTF), se implementarán labores de rescate selectivo de la vegetación. Los ejemplares rescatados se resguardarán en un área de acopio temporal y tras un período de recuperación se reintroducirán al interior de los espacios verdes proyectados. • Solamente se realizará el desmonte de vegetación sobre la superficie solicitada para el cambio de uso de suelo. • El Proyecto incluye la conservación de zonas naturales al interior del Proyecto. La vegetación rescatada se utilizará para enriquecer las áreas naturales del Proyecto. • En lo que respecta a la presencia de fauna silvestre se llevarán a cabo actividades de ahuyentamiento de fauna para su desplazamiento fuera del área de aprovechamiento de acuerdo al Subprograma de Conservación de Especies, en el caso que sea necesario, se llevará a cabo la captura y liberación inmediata de ejemplares en las zonas de conservación del Proyecto, retiradas del área de obra, a fin de reducir el riesgo de afectación o daño por el encuentro con cuadrillas de trabajadores y maquinaria.

Instrumento Normativo	Vinculación con el Proyecto
Artículo 59. Los ejemplares confinados de las especies probablemente extintas en el medio silvestre serán destinados exclusivamente al desarrollo de proyectos de conservación, restauración, actividades de repoblación y reintroducción, así como de investigación y educación ambiental autorizados por la Secretaría.	El Proyecto no contempla el confinamiento de ninguna especie, salvo durante el periodo de recuperación de individuos rescatados y solo en caso necesario. Asimismo, el Proyecto no incluye el manejo de especies probablemente extintas en el medio silvestre.
Artículo 60 TER. Queda prohibida la remoción, relleno, transplante, poda o cualquier obra o actividad que afecte la integralidad del flujo hidrológico del manglar; de ecosistema y su zona de influencia; de su productividad natural; de la capacidad de carga natural del ecosistema y su zona de influencia; de su productividad natural; de la capacidad de carga natural del ecosistema para los proyectos turísticos; de las zonas de anidación, reproducción, refugio, alimentación y alevinaje; o bien de las interacciones entre el manglar, los ríos, la duna, la zona marítima adyacente y los corales, o que provoque cambios en la características y servicios ecológicos. Se exceptuarán de la prohibición a que se refiere el párrafo anterior las obras o actividades que tengan por objeto proteger, restaurar, investigar o conservar las áreas de manglar.	Se cumple, en razón de que dentro del predio del Proyecto no se encuentran especies de manglar, por lo que no se realizarán ninguna de estas actividades.

3.4.3.3. Ley Federal de Responsabilidad Ambiental

La Ley Federal de Responsabilidad Ambiental, como su nombre lo indica, regula la responsabilidad ambiental que nace de los daños ocasionados al medioambiente, así como la reparación y compensación de dichos daños cuando sea exigible a través de los procesos judiciales federales previstos por el artículo 17 constitucional, los mecanismos alternativos de solución de controversias, los procedimientos administrativos y aquellos que correspondan a la comisión de delitos contra el ambiente y la gestión ambiental.

Esta Ley señala que no se considerará que existe daño al ambiente cuando los menoscabos, pérdidas, afectaciones, modificaciones o deterioros no sean adversos en virtud de haber sido expresamente manifestados por el responsable y explícitamente identificados, delimitados en su alcance, evaluados, mitigados y compensados mediante condicionantes, y autorizados por la Secretaría. Esto se cumple por medio de la presentación del presente DTU-BP, además de no rebasar los límites previstos por las disposiciones que en su caso prevean las Leyes ambientales o las normas oficiales mexicanas.

3.4.3.4. Ley General del Cambio Climático

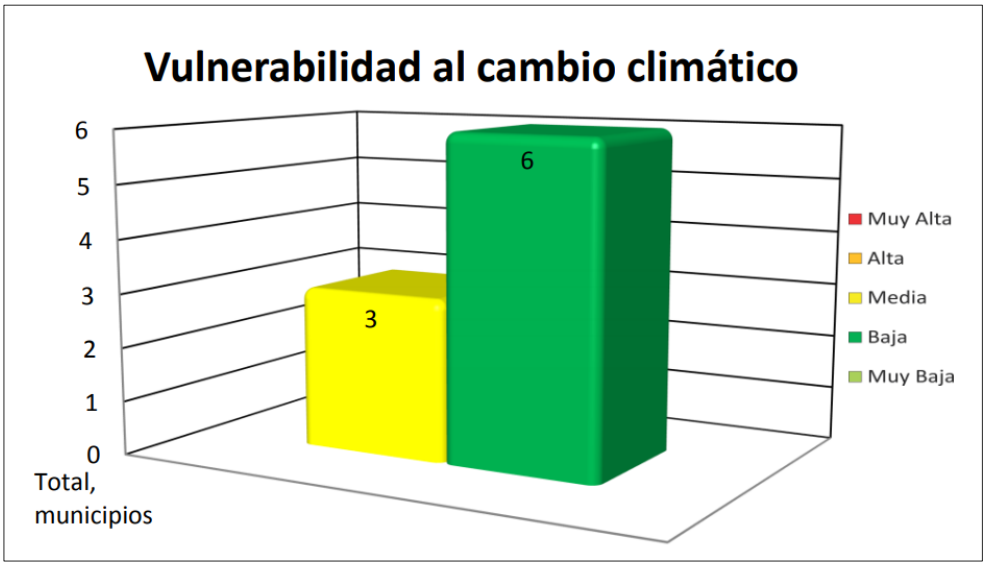
La presente Ley es de orden público, interés general y observancia en todo el territorio nacional y las zonas sobre las que la nación ejerce su soberanía y jurisdicción y establece disposiciones para enfrentar los efectos adversos del cambio climático. Esta Ley tiene como principal objetivo regular las emisiones para lograr la estabilización de sus concentraciones en la atmósfera.

El cambio climático es la variación del clima atribuido directa o indirectamente a la actividad humana, que altera la composición de la atmósfera global y se suma a la variabilidad natural del clima observada durante períodos comparables.

Por su parte, el Atlas Climático de la Universidad Nacional Autónoma de México[4], indica que en Quintana Roo no existen valores extremos de vulnerabilidad al cambio climático, sin embargo, es susceptible a la afectación de fenómenos naturales extremos. Asimismo, este documento identifica que la vulnerabilidad al cambio climático en los municipios del Estado de Quintana Roo es en su mayoría baja, conforme a lo establecido en la siguiente Figura 3. 2.

[4] Fernandez-Eguiarte A., J. Zavala-Hidalgo, R. Romero-Centeno. 2018. Atlas Climático Digital de México. Centro de Ciencias de la Atmósfera. Universidad Nacional Autónoma de México. http://uniatmos.atmosfera.unam.mx/

Figura 3. 2. Vulnerabilidad al Cambio Climático. Atlas Climático UNAM[5].



De esta forma, en 2013 se publicó el Programa Estatal de Acción ante el Cambio Climático del Estado de Quintana Roo, el cual establece medidas de adaptación al cambio climático que serán vinculadas en su apartado respectivo. En la Tabla 3. 5 se presenta la vinculación del Proyecto con los artículos aplicables de la Ley General del Cambio Climático.

Tabla 3. 5. Vinculación del Proyecto con los artículos aplicables de la Ley General del Cambio Climático.

Instrumento Normativo	Vinculación con el Proyecto
Artículo 2. Esta ley tiene por objeto: […] IV. Reducir la vulnerabilidad de la población y los ecosistemas del país frente a los efectos adversos del cambio climático, así como crear y fortalecer las capacidades nacionales de respuesta al fenómeno	La empresa promovente presta especial atención en desarrollar un proyecto sustentable y ambientalmente viable. Es así, que el Proyecto considera la implementación de medidas tanto de prevención, como mitigación, para evitar contribuir a los efectos adversos del cambio climático. Asimismo, contará con distintas acciones encaminadas a la protección de los recursos naturales, tales como el establecimiento de zonas de conservación.
Artículo 3. Para efectos de esta Ley se entenderá por: (…) XLII. Vulnerabilidad: Nivel a que un sistema es susceptible, o no es capaz de soportar los efectos adversos del Cambio Climático, incluida la variabilidad climática y los fenómenos extremos. La vulnerabilidad está en función del carácter, magnitud y velocidad de la variación climática a la que se encuentra expuesto un sistema, su sensibilidad, y su capacidad de adaptación.	Se tomará en cuenta esta definición para el diseño e implementación de las medidas correspondientes.

[5] Moterroso R.A. et al. 2014. Vulnerabilidad y adaptaciones a los efectos del cambio climático en México. Centro de Ciencias de la Atmósfera. Programa de Investigación en Cambio Climático. Universidad Nacional Autónoma de México. http://atlasclimatico.unam.mx/VulnerabilidadalCC/PDFs/QuintanaRoo.pdf.

Instrumento Normativo	Vinculación con el Proyecto
Artículo 26. En la formulación de la política nacional de cambio climático se observarán los principios de: I. Sustentabilidad en el aprovechamiento o uso de los ecosistemas y los elementos naturales que los integran; II. Corresponsabilidad entre el Estado y la sociedad en general, en la realización de acciones para la mitigación y adaptación a los efectos adversos del cambio climático; III. Precaución, cuando haya amenaza de daño grave o irreversible, la falta de total certidumbre científica no deberá utilizarse como razón para posponer las medidas de mitigación y adaptación para hacer frente a los efectos adversos del cambio climático; IV. Prevención, considerando que ésta es el medio más eficaz para evitar los daños al medio ambiente y preservar el equilibrio ecológico ante los efectos del cambio climático; V. Adopción de patrones de producción y consumo por parte de los sectores público, social y privado para transitar hacia una economía de bajas emisiones en carbono; (…) XI. Conservación de los ecosistemas y su biodiversidad, dando prioridad a los humedales, manglares, arrecifes, dunas, zonas y lagunas costeras, que brindan servicios ambientales, fundamental para reducir la vulnerabilidad;	Al dar cumplimiento a la normatividad vinculante en la materia, misma que a su vez debe de incorporar los principios descritos en este artículo, se da cumplimiento a lo establecido el mismo. En concordancia con la compartición de responsabilidades establecida en la fracción II, se asume la responsabilidad de implementar medidas para mitigar y adaptarse a los efectos perjudiciales del cambio climático. Durante la fase de construcción, se tomarán acciones específicas para minimizar las emisiones de contaminantes, asegurando un mantenimiento continuo de vehículos y maquinaria, así como un monitoreo constante de las emisiones generadas. El proyecto se compromete con la economía y el desarrollo económico nacional, procurando realizarlo de manera que genere reducidas emisiones de carbono. En lo que concierne a la política de prevención, dado que se reconoce que esta constituye el enfoque más eficiente para evitar perjuicios al entorno natural y salvaguardar el equilibrio ecológico frente a los impactos derivados del cambio climático, tal como se corrobora a lo largo del análisis del presente DTU-BP; estableciendo medidas de prevención y mitigación que serán implementadas en conjunto con un plan de supervisión basado en acciones preventivas. El propósito primordial de este enfoque radica en prevenir o reducir al mínimo las emisiones que pudieran originarse a raíz de vehículos de motor de combustión interna y mitigar su impacto ambiental, no solo en conformidad con las normativas vigentes, sino también reduciendo al máximo la utilización de fuentes de emisiones atmosféricas. En lo que respecta a la disposición contenida en la fracción XI, es imperativo subrayar que la preservación de los ecosistemas y su diversidad biológica constituye un componente esencial para el presente proyecto, otorgando una atención particular a los ecosistemas sensibles, reconociendo que estos desempeñan un papel fundamental al proporcionar servicios medioambientales que son esenciales para disminuir la vulnerabilidad.
Artículo 27. La política nacional de adaptación frente al cambio climático se sustentará en instrumentos de diagnóstico, planificación, medición, monitoreo, reporte, verificación y evaluación, tendrá como objetivos:	Este Proyecto se somete a la evaluación de impacto ambiental, misma que deriva de la política ambiental nacional, dirigida a minimizar y mitigar la posible afectación al ambiente por parte de las personas físicas y morales.

Instrumento Normativo	Vinculación con el Proyecto
I. Reducir la vulnerabilidad de la sociedad y los ecosistemas frente a los efectos del cambio climático; II. Fortalecer la resiliencia y resistencia de los sistemas naturales y humanos; III. Minimizar riesgos y daños, considerando los escenarios actuales y futuros del cambio climático;	
Artículo 28. La federación, las entidades federativas y los municipios, en el ámbito de sus competencias, deberán ejecutar acciones para la adaptación en la elaboración de las políticas, la Estrategia Nacional, el Programa y los programas en los siguientes ámbitos: *IV. Ecosistemas y biodiversidad, en especial de zonas costeras, marinas, de alta montaña, semiáridas, desérticas, recursos forestales y suelos;"*	Como se desprende de esta normativa, las autoridades competentes tienen la responsabilidad y la obligación de llevar a cabo las acciones necesarias para promover la política nacional de adaptación al cambio climático en lo que respecta a los ecosistemas y la biodiversidad. Sin embargo, el proyecto se compromete a ir más allá de lo establecido en la ley, por lo que se pretenden implementar las mejores prácticas y equipos de tecnología para reducir al máximo las emisiones de gases a la atmósfera, como se detalla en el Capítulo 5 de este DTU-BP.
Artículo 29. Se considerarán acciones de adaptación: […] IV. La conservación, el aprovechamiento sustentable, rehabilitación de playas, costas, zona federal marítimo terrestre, terrenos ganados al mar y cualquier otro depósito que se forme con aguas marítimas para uso turístico, industrial, agrícola, pesquero, acuícola o de conservación.	El Proyecto tendrá zonas específicas de conservación, donde el ecosistema se dejará intacto, como se demuestra en el Capítulo 2 de este DTU-BP. Asimismo, el Capítulo 7 describe las medidas de mitigación y compensación que el Proyecto estrictamente aplicará, para evitar contribuir a los efectos adversos del cambio climático.
Artículo 34. Para reducir las emisiones, las dependencias y entidades de la administración pública federal, las Entidades Federativas y los Municipios, en el ámbito de su competencia, promoverán el diseño y la elaboración de políticas y acciones de mitigación asociadas a los sectores correspondientes, considerando las disposiciones siguientes:	A pesar de que el promovente no ostenta la autoridad encargada de formular políticas públicas en el ámbito del cambio climático, se están contemplando acciones orientadas a la ejecución de medidas destinadas a mitigar los impactos que contribuyen al fenómeno del cambio climático.
Artículo 87. La Secretaría, deberá integrar y hacer público de forma agregada el Registro de emisiones generadas por las fuentes fijas y móviles de emisiones que se identifiquen como sujetas a reporte. Las disposiciones reglamentarias de la presente Ley identificarán las fuentes que deberán reportar en el Registro por sector, subsector y actividad, asimismo establecerán los siguientes elementos para la integración del Registro: […] II. Los umbrales a partir de los cuales los establecimientos sujetos a reporte de competencia federal deberán presentar el reporte de sus emisiones directas e indirectas;	En caso de cumplir con los umbrales correspondientes, el Proyecto presentará los reportes de emisiones directas e indirectas generadas por las fuentes fijas y móviles de emisiones identificadas como sujetas a reporte en el Registro de emisiones integrado y hecho público por la Secretaría de acuerdo a las disposiciones reglamentarias establecidas en la Ley. Los reportes serán presentados de manera oportuna y en cumplimiento con los umbrales establecidos en las disposiciones reglamentarias correspondientes.

Instrumento Normativo	Vinculación con el Proyecto
Artículo 88. Las personas físicas y morales responsables de las fuentes sujetas a reporte están obligadas a proporcionar la información, datos y documentos necesarios sobre sus emisiones directas e indirectas para la integración del Registro.	En caso de que el proyecto esté clasificado como fuente fija o móvil sujeta a reporte, se aplicará la presente disposición legal.

Con lo anterior en consideración, se manifiesta que durante las diferentes etapas del desarrollo del proyecto (preparación del sitio, construcción, y operación y mantenimiento), habrá un aprovechamiento sustentable de los recursos naturales, teniendo que el proyecto se desarrollará en los lotes 13 y 32; por lo que, el aprovechamiento será de una superficie de 7.98 ha correspondientes al Cambio de Uso de Suelo en Terrenos Forestales, contemplando una superficie total de 2.66 ha como área destinada a conservación, todo ello en apego con el Programa Parcial de Desarrollo Urbano “El Jesusito” (PPDU-J).

Asimismo, en cumplimiento a estos principios el proyecto “Rotonda” se vincula y se somete a consideración a través de este Documento Técnico Unificado modalidad Particular, el cual describe los efectos que pudieran ser afectados por las obras y actividades a desarrollar, y propone una serie de medidas y acciones para prevenir y mitigar posibles daños al ambiente. En el Programa de Monitoreo y Vigilancia Ambiental se proponen un conjunto de estrategias para prevenir y mitigar posibles daños al ambiente y que contribuyan a generar desequilibrios ecológicos, daños a la salud pública, alteraciones a la capacidad de carga y la integridad funcional de los ecosistemas, tener áreas acondicionadas para el acopio de los residuos orgánicos, inorgánicos, reciclables y peligrosos. Así también, para reducir y controlar las emisiones de contaminantes por fuentes móviles y asegurar una calidad del aire satisfactoria para bienestar de la población y el equilibrio ecológico, durante las etapas de preparación del sitio y construcción, la promovente tendrá estipulado en contrato con las compañías constructoras que sus vehículos estén en buen estado físico y óptimo funcionamiento, y las emisiones a la atmósfera no rebasen los niveles máximos permisibles para el monóxido de carbono, para lo que además se solicitará la presentación de las verificaciones vehiculares.

Durante la ejecución del Programa de Vigilancia Ambiental del Proyecto se aplicará un Monitoreo de Desempeño Ambiental donde en cada fase se establecerá una serie de indicadores que permitirán guiar e indicar acerca de la funcionalidad de cada medida y programa implementado, donde estas medidas están enfocadas a prevenir y reducir los efectos adversos del cambio climático.

No se omite manifestar que la empresa promovente cumplirá con los instrumentos de política ambiental y normativa aplicable al Proyecto y operará todas las obras y actividades dentro del marco de legalidad, garantizando la prevención del daño o deterioro ambiental, de esta manera cooperará en la instrumentación de una política nacional de cambio climático.

Finalmente, se tiene planeado promover las mejores técnicas y metodologías existentes para prevenir y/o reducir los posibles efectos adversos que por la ejecución del Proyecto pudieran contribuir al cambio climático, entre las que se destacan las siguientes:

- ✓ Se promoverán las mejores prácticas y equipos de trabajo con tecnología limpia que minimice las emisiones de gases a la atmósfera.

- ✓ Se contará con un Programa de Manejo Integral de Residuos, promoviendo la separación de residuos reciclables, llamados también valorables y cumplirá con toda la normatividad aplicable.

Con todo lo anterior en consideración, se demuestra el cumplimiento del Proyecto a esta Ley.

3.4.3.5. Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable

La Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable (LGDFS) tiene por objeto regular y fomentar la conservación, protección, restauración, producción, ordenación, el cultivo, manejo y aprovechamiento de los ecosistemas forestales del país y sus recursos. Asimismo, prevé las disposiciones relativas al cambio de uso del suelo en terreno forestal, el cual consiste en la remoción total o parcial de la vegetación de los terrenos forestales para destinarlos a actividades no forestales.

Esta Ley en su artículo 7°, fracción LXXI, define como terreno forestal a "aquel que está cubierto por vegetación forestal o vegetación secundaria nativa, y produce bienes y servicios ambientales".

Al interior del predio del Proyecto existe vegetación forestal, conforme a lo establecido en el artículo 7°, fracción LXXX, de la LGDFS, el cual indica que la "vegetación forestal es el conjunto de plantas y hongos que crecen y se desarrollan en forma natural, formando bosques, selvas, zonas áridas y semiáridas, y otros ecosistemas...". Bajo tal tesitura, es necesario realizar el cambio de uso de suelo forestal, motivo por el cual se desarrolla este DTU-BP.

La vinculación del Proyecto con las disposiciones aplicables de este instrumento jurídico, se establecen en la Tabla 3. 6.

Tabla 3. 6. Vinculación del Proyecto con la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable.

Instrumento Normativo	Vinculación con el Proyecto
Artículo 93. La Secretaría autorizará 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.	**SE CUMPLE** Para poder realizar el Proyecto, se requerirá realizar la remoción de vegetación en los sitios de desplante y con el fin de no comprometer la biodiversidad del sitio, ni provocar la erosión de los suelos, ni disminuir la capacidad de almacenamiento de carbono, el deterioro de la calidad del agua o la disminución en su captación; se llevará a cabo la implementación de las medidas de prevención y mitigación de los posibles impactos sobre la flora y fauna presentes en el Proyecto, mediante los diferentes programas que acompañan al presente documento. De igual manera, y con el fin de dar total cumplimiento a lo establecido en esta Ley, la Promovente presenta este documento DTU-BP con fundamento en el "*Acuerdo por el que se expiden los lineamientos y procedimientos para solicitar en un trámite único ante la SEMARNAT las autorizaciones en materia de impacto*

Instrumento Normativo	Vinculación con el Proyecto
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.	*ambiental y en materia forestal que se indican y se asignan las atribuciones correspondientes en los servidores públicos que se señalan*", que incluye el estudio técnico justificativo para el cambio de uso de suelo.
Artículo 97. No se podrá otorgar autorización de cambio de uso del suelo en terrenos forestales donde la pérdida de cubierta forestal fue ocasionada por incendio, tala o desmonte sin que hayan pasado 20 años y que se acredite a la Secretaría que la vegetación forestal afectada se ha regenerado, mediante los mecanismos que, para tal efecto, se establezcan en el Reglamento de esta Ley.	**SE CUMPLE** No se ha hecho ningún cambio de uso de suelo por incendio, tala o desmonte en el predio del Proyecto.

3.4.3.6. Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos

Esta Ley tiene por objeto garantizar el derecho constitucional de toda persona a gozar de un medio ambiente adecuado y propiciar el desarrollo sustentable a través de la prevención de la generación, la valorización y la gestión integral de los residuos peligrosos, de los residuos sólidos urbanos y de manejo especial, igualmente dicho cuerpo normativo busca prevenir la contaminación del suelo con estos residuos y llevar a cabo su remediación.

Con el fin de alcanzar este objetivo, el Proyecto dará cumplimiento a tales disposiciones en materia de residuos que le son aplicables (Tabla 3. 7).

Tabla 3. 7. Vinculación con la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos.

Instrumento Normativo	Vinculación con el Proyecto
Artículo 16. La clasificación de un residuo como peligroso, se establecerá en las normas oficiales mexicanas que especifiquen la forma de determinar sus características, que incluyan los listados de los mismos y fijen los límites de concentración de las sustancias contenidas en ellos, con base en los conocimientos científicos y las evidencias acerca de su peligrosidad y riesgo.	El Proyecto generará durante todas sus etapas de desarrollo diversos residuos considerados peligrosos, tales como envases o textiles con pinturas o solventes, baterías, equipo eléctrico, combustibles, entre otros. Para evitar el riesgo de contaminación al ambiente se requerirá designar un área específica para la construcción de un almacén temporal de residuos peligrosos que cubra las especificaciones establecidas en la ley, misma que deberá estar señalizada. En el Capítulo 7 de este DTU-BP se establecen las medidas y lineamientos que el Proyecto realizará para el manejo y disposición final de los residuos peligrosos y de manejo especial, conforme a lo indicado en este dispositivo y las Normas Oficiales Mexicanas. Cada tipo de residuo tendrá su manejo y disposición final específico.
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.	Los residuos sólidos urbanos que se generen durante la construcción serán clasificados y separados de acuerdo a lo establecido en el SMGA del Proyecto y las Normas aplicables.

Instrumento Normativo	Vinculación con el Proyecto
Artículo 19. Los residuos de manejo especial se clasifican como se indica a continuación: […] VII. Residuos de la construcción, mantenimiento y demolición en general.	Los residuos de manejo especial que se generen con motivo del desarrollo del Proyecto, como lo son los escombros y demás residuos de construcción, serán manejados conforme a la normatividad y dispuestos a través de prestadores de servicio que cuenten con las autorizaciones locales. Para el caso específico del Proyecto, se atenderá a lo establecido en la Ley para la Prevención y la Gestión Integral de Residuos del Estado de Quintana Roo, con una observancia estricta de las clasificaciones y subclasificaciones de los residuos especiales, que ahí se indiquen.
Artículo 22. Las personas que generen o manejen residuos y que requieran determinar si éstos son peligrosos, conforme a lo previsto en este ordenamiento, deberán remitirse a lo que establezcan las normas oficiales mexicanas que los clasifican como tales.	El Proyecto se apegará a las medidas establecidas en el Programa de Manejo Integral de Residuos, las que se encuentran alineadas al SMGA del proyecto autorizado Ciudad Mayakoba, el cual clasifica a los residuos de acuerdo con lo previsto en este artículo, por lo que le da cabal cumplimiento. Asimismo, la empresa promovente tomará las medidas adicionales pertinentes para asegurar que el Proyecto cumpla con todas las disposiciones establecidas en las Normas Oficiales Mexicanas de la materia, llevando un manejo integral de los residuos peligrosos. El Programa de Manejo Integral de Residuos se describen de manera detallada en el Capítulo 7 de este DTU-BP.
Artículo 31. Estarán sujetos a un plan de manejo los siguientes residuos peligrosos y los productos usados, caducos, retirados del comercio o que se desechen y que estén clasificados como tales en la norma oficial mexicana correspondiente: I. Aceites lubricantes usados; II. Disolventes orgánicos usados; V. Baterías eléctricas a base de mercurio o de níquel-cadmio; VI. Lámparas fluorescentes y de vapor de mercurio; IX. Plaguicidas y sus envases que contengan remanentes de los mismos;	La Promovente dará cumplimiento a este precepto, implementando las medidas establecidas en el Programa de Manejo Integral de Residuos, las que se encuentra alineadas al SMGA del proyecto autorizado Ciudad Mayakoba, y que pueden ser consultadas y revisadas a detalle en el Capítulo 7 de este DTU-BP.
Artículo 42. Los generadores y demás poseedores de residuos peligrosos, podrán contratar los servicios de manejo de estos residuos con empresas o gestores autorizados para tales efectos por la Secretaría, o bien transferirlos a industrias para su utilización como insumos dentro de sus procesos, cuando previamente haya sido hecho del conocimiento de esta dependencia, mediante un plan de manejo para dichos insumos, basado en la minimización de sus riesgos. La responsabilidad del manejo y disposición final de los residuos peligrosos corresponde a quien los genera. En el caso de que se contraten los servicios de manejo y disposición final de residuos peligrosos	La Promovente del Proyecto, se cerciorará que las empresas que subcontrate para el manejo y disposición final de los residuos cuenten con las autorizaciones de esta Secretaría y está consciente de su responsabilidad en el proceso. Asimismo, antes de ser entregados a la empresa responsable de su disposición final, se realizará su adecuado manejo, para lo cual se implementará lo establecido en el Programa de Manejo Integral de Residuos que atenderán las acciones que se detallan en el Capítulo 7 del presente DTU-BP.

Instrumento Normativo	Vinculación con el Proyecto
por empresas autorizadas por la Secretaría y los residuos sean entregados a dichas empresas, la responsabilidad por las operaciones será de éstas, independientemente de la responsabilidad que tiene el generador. Los generadores de residuos peligrosos que transfieran éstos a empresas o gestores que presten los servicios de manejo, deberán cerciorarse ante la Secretaría que cuentan con las autorizaciones respectivas y vigentes, en caso contrario serán responsables de los daños que ocasione su manejo.	
Artículo 54. Se deberá evitar la mezcla de residuos peligrosos con otros materiales o residuos para no contaminarlos y no provocar reacciones, que puedan poner en riesgo la salud, el ambiente o los recursos naturales. La Secretaría establecerá los procedimientos a seguir para determinar la incompatibilidad entre un residuo peligroso y otro material o residuo.	La Promovente, se asegurará que no se mezclen los residuos peligrosos con otros, aplicando los criterios establecidos en la NOM-054-SEMARNAT-1993. Lo anterior se conseguirá a través de un manejo adecuado según lo establecido en el Programa de Manejo Integral de Residuos, que atenderán las acciones que se detallan en el Capítulo 7 del presente DTU-BP.

3.4.4. Reglamentos de Leyes

Debido a que los reglamentos contienen las disposiciones jurídicas de carácter general y con valor subordinado a la Ley de la que emanan, a continuación, se presenta la vinculación del Proyecto con los artículos aplicables de estos instrumentos.

3.4.4.1. Reglamento de la LGEEPA en Materia de Evaluación del Impacto Ambiental

Tabla 3. 8. Vinculación del Proyecto con el Reglamento de la LGEEPA en Materia de Evaluación de Impacto Ambiental.

Instrumento Normativo	Vinculación con el Proyecto
Artículo 5. Quienes pretendan llevar a cabo alguna de las siguientes obras o actividades, requerirán previamente la autorización de la Secretaría en materia de impacto ambiental: […] O) CAMBIOS DE USO DEL SUELO DE ÁREAS FORESTALES, ASÍ COMO EN SELVAS Y ZONAS ÁRIDAS: I. Cambio de uso del suelo para actividades agropecuarias, acuícolas, de desarrollo inmobiliario, de infraestructura urbana, de vías generales de comunicación o para el establecimiento de instalaciones comerciales, industriales o de servicios en predios con vegetación forestal…	La presentación de este documento representa el compromiso del Proyecto y la Promovente para cumplir con lo dispuesto en esta norma jurídica. En razón de que el Proyecto propone obras identificadas como infraestructura urbana dentro de un ecosistema costero, conforme a lo establecido en el Decreto que reforma los artículos 3, 11 y 28 de la Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente, publicado en el DOF el día 23 de abril de 2018; así como que se solicita el cambio de uso de suelo en áreas con vegetación forestal; se advierte que la presente DTU se apega a los supuestos establecidos en las fracciones O) y Q) del presente Reglamento. Cabe aclarar que en los capítulos correspondiente se hará un análisis de los impactos ambientales y

Instrumento Normativo	Vinculación con el Proyecto
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 en general, marinas, muelles, rompeolas, campos de golf, infraestructura turística o urbana, vías generales de comunicación, obras de restitución o recuperación de playas, o arrecifes artificiales, que afecte ecosistemas costeros, con excepción de: […]	se establecerán las actividades pertinentes para su mitigación y compensación.

3.4.4.2. Reglamento de la Ley General de Vida Silvestre

El proyecto se ajusta a lo señalado en este instrumento respecto a las disposiciones para la conservación y el aprovechamiento sustentable de la vida silvestre, en la liberación de ejemplares al hábitat natural, las cuales se establecen en la siguiente Tabla 3. 9.

Tabla 3. 9. Vinculación del Proyecto con los artículos aplicables del Reglamento de la Ley General de Vida Silvestre.

Instrumento Normativo	Vinculación con el Proyecto
Artículo 12. Las personas que pretendan realizar cualquier actividad relacionada con hábitat, especies, partes o derivados de vida silvestre y que conforme a la Ley requieran licencia, permiso o autorización de la Secretaría, presentarán la solicitud correspondiente en los formatos que para tal efecto establezca la Secretaría […].	**SE CUMPLE** El Proyecto no contempla un aprovechamiento extractivo de la vida silvestre; sin embargo, reducirá en lo posible el impacto que pudiese generar a la flora y la fauna en el área, tal y como se encuentra contemplado en la propuesta del Subprograma de Conservación de Especies, que son parte del SMGA de Proyecto.

3.4.4.3. Reglamento de la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable

Tabla 3. 10. Vinculación del Proyecto con el Reglamento de la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable.

Instrumento Normativo	Vinculación con el Proyecto
Artículo 49. Tratándose de los aprovechamientos forestales a que se refiere el artículo 75 de la Ley, las solicitudes se acompañarán, además de lo previsto en el artículo 38 del presente Reglamento, de un documento técnico unificado que contendrá la información correspondiente a la manifestación de impacto ambiental, en su modalidad particular, prevista en el artículo 12 del Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en materia de Evaluación del Impacto Ambiental, así como la información relativa al Programa de manejo forestal, de conformidad con el artículo 39 del presente Reglamento y demás disposiciones jurídicas aplicables. La Secretaría emitirá la guía para la integración del documento técnico unificado a que se refiere el párrafo anterior.	Al no tratarse de un programa de manejo forestal, la Promovente presenta el DTU-BP en guion libre, siempre cumpliendo con lo dispuesto en el Artículo 141 del Reglamento.
Artículo 141.- Los estudios técnicos justificativos a que hace referencia el artículo 93 de la Ley, deberán contener la información siguiente: I. Descripción del o los usos que se pretendan dar al terreno; II. Ubicación y superficie total del o los polígonos donde se pretenda realizar el Cambio de uso del suelo en los Terrenos forestales… III. Descripción de los elementos físicos y biológicos de la Cuenca hidrográfica, subcuenca y Microcuenca… IV. Descripción de las condiciones del área sujeta a Cambio de uso de suelo en Terrenos forestales… V. Un análisis comparativo de la composición florística y faunística del área sujeta a Cambio de uso de suelo en Terrenos forestales con relación a los tipos de vegetación del ecosistema de la cuenca, subcuenca o microcuenca hidrográfica… VI. Un análisis comparativo de las tasas de erosión de los suelos, así como la calidad, captación e infiltración del agua… VII. Estimación del volumen en metros cúbicos, por especie y por predio, de las Materias primas forestales derivadas del Cambio de uso del suelo; VIII. Plazo propuesto y la programación de las acciones para la ejecución del Cambio de uso de suelo;	Los aspectos descritos en este artículo han sido considerados y descritos a lo largo de los capítulos que integran este DTU-BP.

Instrumento Normativo	Vinculación con el Proyecto
IX. Propuesta de programa de rescate y reubicación de especies de flora y fauna que pudieran resultar afectadas y su adaptación al nuevo hábitat… X. Medidas de prevención y mitigación por la afectación sobre los Recursos forestales, el suelo, el agua, la flora y fauna silvestres aplicables durante las distintas etapas de desarrollo del Cambio de uso de suelo; XI. Servicios ambientales que serán afectados por el Cambio de uso de suelo propuesto; XII. Análisis que demuestren que la biodiversidad de los ecosistemas que se verán afectados por el Cambio del uso de suelo se mantenga; XIII. Datos de inscripción en el Registro del Prestador de Servicios forestales que haya elaborado el estudio, y del que estará a cargo de la ejecución del Cambio de uso de suelo; XIV. Aplicación de los criterios establecidos en los programas de ordenamiento ecológico del territorio en sus diferentes categorías, las normas oficiales mexicanas y demás disposiciones jurídicas aplicables, y… […]	

3.4.4.4. Reglamento de la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos

Tabla 3. 11. Vinculación del Proyecto con el Reglamento de la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos.

Instrumento Normativo	Vinculación con el Proyecto
Artículo 35. Los residuos peligrosos se identificarán de acuerdo a lo siguiente: I. Los que sean considerados como tales, de conformidad con lo previsto en la Ley; II. Los clasificados en las normas oficiales mexicanas a que hace referencia el artículo 16 de la Ley, mediante: […] III. Los derivados de la mezcla de residuos peligrosos con otros residuos; los provenientes del tratamiento, almacenamiento y disposición final de residuos peligrosos y aquellos equipos y construcciones que hubiesen estado en contacto con residuos peligrosos y sean desechados.	El Proyecto realizará la identificación y separación de los residuos conforme a este artículo, para tal efecto se cumplirá con lo establecido en el Programa de Manejo Integral de Residuos, mismo que se encuentra alineado al SMGA del proyecto autorizado Ciudad Mayakoba.
Artículo 91. La disposición final de residuos peligrosos puede realizarse en: Confinamiento controlado y confinamiento en formaciones geológicamente estables.	La disposición final de residuos peligrosos generados, se realizará a través de una empresa subcontratada especializada para el manejo y confinamiento de residuos peligrosos en un sitio autorizado por la autoridad ambiental federal, a la cual se le solicitará comprobante de su autorización previa contratación de servicios.

3.4.5. Leyes y Reglamentos Estatales

3.4.5.1. Ley del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente del Estado de Quintana Roo

Tabla 3. 12. Vinculación del Proyecto con la Ley del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente del estado de Quintana Roo.

Instrumento Normativo	Vinculación con el Proyecto
ARTÍCULO 132. Para la recarga de mantos acuíferos, en las superficies de predios que se pretendan utilizar para obras e instalaciones, se deberá permitir la filtración de aguas pluviales al suelo y subsuelo. Por tal motivo, las personas físicas o morales quedan obligadas a proporcionar un porcentaje del terreno a construir, preferentemente como área verde, lo que en su caso siempre será permeable. Para los efectos del párrafo anterior en los predios con un área menor de 100 metros cuadrados deberán proporcionar como área verde el 10% como mínimo; en predios con superficie mayor de 101 a 500 metros cuadrados, como mínimo el 20%; en predios cuya superficie sea de 501 a 3,000 metros cuadrados, como mínimo el 30%, y predios cuya superficie sea de 3,001 metros cuadrados en adelante, proporcionarán como área verde el 40% como mínimo.	El lote donde se ubica el Proyecto, al tener una superficie total de **10.64 ha**, deberá proporcionar al menos 40% del predio como área verde o, en su caso, área permeable. Con lo anterior en consideración, El Proyecto mantendrá por lo menos el **41.28% de su superficie como áreas permeables (4.39 ha)**, área que incluye las áreas de conservación y áreas verdes. La información anterior se puede corroborar en el Capítulo 2 del presente DTU-BP, de esta forma, se cumple con lo establecido en este criterio.

3.4.5.2. Programa Estatal de Acción ante el Cambio Climático en Quintana Roo

El Programa Estatal de Acción ante el Cambio Climático de Quintana Roo (PEACCQR) retoma diversas acciones, estrategias y recomendaciones vertidas desde hace una más década en diferentes instrumentos para ligarlas en un plan de acción de mediano plazo orientado de manera específica para brindar alternativas de solución a los problemas consecuencia de los efectos del cambio climático que ya hoy se presentan en el estado y al mismos tiempo sentar las bases de un manejo de los recursos en un contexto que prevea los efectos de dicho cambio climático sobre la población, las actividades económicas y los recursos naturales de Quintana Roo.

En este tenor, el PEACCQR establece medidas de adaptación al cambio climático dirigidas a diversos entes gubernamentales para los diferentes sectores productivos, incluyendo, el sector turístico.

Sin perjuicio de que las medidas recién descritas consideren como responsables a las autoridades pertinentes, la empresa promovente considerará su implementación dentro del desarrollo del Proyecto, como por ejemplo con las acciones que se presentan en la Tabla 3. 13.

Tabla 3. 13. Vinculación de medidas de adaptación al cambio climático del PEACCQR con el Proyecto.

Medidas de adaptación al Cambio Climático (Turismo)		
Efecto del Cambio Climático en:	**Medidas de adaptación**	**Vinculación con el Proyecto**
Daños a Infraestructura	Promover la elaboración de normas y reglamentos específicos para estudios, proyectos, construcción e instalaciones de infraestructura adaptada a los efectos del cambio climático (aumento en la incidencia de huracanes, inundaciones, aumento de temperatura, etc.)	El Proyecto cumple con esta medida de forma indirecta, apegándose a lo establecido en la diversa normatividad dirigida a las especificaciones para la infraestructura y su adaptabilidad al cambio climático.
	Fomentar entre el sector turístico el uso de buenas prácticas ambientales para la planeación, diseño y construcción sustentable.	El Proyecto contempla la aplicación de buenas prácticas ambientales dentro de sus diversas etapas.

3.4.5.3. Ley para la Prevención y la Gestión Integral de Residuos del Estado de Quintana Roo

Tabla 3. 14. Vinculación del Proyecto con la Ley para la Prevención y la Gestión Integral de Residuos del Estado de Quintana Roo.

Instrumento Normativo	Vinculación con el Proyecto
Artículo 57. 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: […] VII. Residuos de la construcción, mantenimiento y demolición en general; […]	Se tendrá un sistema estricto de gestión de residuos, apegándose a lo establecido en su Programa de Manejo Integral de Residuos, que se encuentra alineado al SMGA del proyecto autorizado Ciudad Mayakoba.

3.4.5.4. Reglamento de Construcción del Municipio del Municipio de Solidaridad

Tabla 3. 15. Vinculación del Proyecto con el Reglamento de Construcción del municipio de Solidaridad.

Instrumento Normativo	Vinculación con el Proyecto
Artículo 42. Los Programas de Desarrollo Urbano para el Municipio de Solidaridad, establecerán en su estrategia general, la organización de sus unidades territoriales definiéndolas conforme a la diversidad de las funciones que alojan a través de la zonificación.	**SE CUMPLE** El Proyecto se apega a lo establecido en el Plan Parcial de Desarrollo Urbano El Jesusito.
Artículo 230. Toda edificación deberá contar con un sistema de recolección de aguas residuales propio y exclusivo, que deberá estar conectado al sistema de alcantarillado en las zonas en que éste exista. En caso de que la edificación se encuentre fuera del perímetro de las redes de alcantarillado, las aguas	**SE CUMPLE** El Proyecto se conectará a la red interna del macroproyecto Ciudad Mayakoba para la descarga de las aguas residuales. Esta red interna entrega las aguas residuales captadas al

Instrumento Normativo	Vinculación con el Proyecto
residuales deberán ser conducidas a un sistema de tratamiento con las características que se indica en el Artículo 245 y 246. En ningún caso, las aguas residuales podrán ser descargadas en los cenotes, cuevas o pozos que lleguen al nivel freático, en general en ningún elemento que tenga comunicación directa con el nivel freático.	sistema operador Aguakan, y de ahí, bajo la responsabilidad de dicho operador se envía a la planta de tratamiento de aguas residuales.

3.4.6. Planes y Programas Sectoriales y de Desarrollo

El Plan Nacional de Desarrollo establece las directrices que la sociedad y el gobierno tienen para avanzar y mejorar como país. Este documento traza los grandes objetivos de las políticas públicas, establece las acciones específicas para alcanzarlos y precisa indicadores que permitirán medir los avances obtenidos. De acuerdo con la Ley de Planeación, todos los Programas Sectoriales, Especiales, Institucionales y Regionales que definen las acciones del gobierno, deberán elaborarse en congruencia con el Plan.

3.4.6.1. Plan Nacional de Desarrollo

El Artículo 25 de la Constitución ordena al Estado mexicano velar por la estabilidad de las finanzas públicas y del sistema financiero; planificar, conducir, coordinar y orientar la economía; regular y fomentar las actividades económicas; y por su parte, el Artículo 26 establece que el Estado deberá organizar un sistema de planeación democrática del desarrollo nacional que imprima solidez, dinamismo, competitividad, permanencia y equidad al crecimiento de la economía para la independencia y la democratización política, social y cultural de la nación.

En este sentido, la Carta Magna faculta al Ejecutivo Federal para establecer los criterios para la formulación, instrumentación, control y evaluación del plan y los programas de desarrollo. Bajo tal tesitura, el Plan Nacional de Desarrollo (PND)[6] es un instrumento para enunciar los problemas nacionales y enumerar las soluciones en una proyección sexenal. El Plan Nacional de Desarrollo 2019 - 2024 fue publicado en el Diario Oficial de la Federación el día 12 de julio de 2019. Dicho instrumento contempla una serie de lineamientos cuyos principios rectores son los siguientes:

- Honradez y honestidad
- No al gobierno rico con pueblo pobre
- Al margen de la ley, nada; por encima de la ley, nadie
- Economía para el bienestar
- El mercado no sustituye al Estado
- Por el bien de todos, primero los pobres
- No dejar a nadie atrás, no dejar a nadie fuera
- No puede haber paz sin justicia
- El respeto al derecho ajeno es la paz
- No más migración por hambre o por violencia
- Democracia significa el poder del pueblo
- Ética, libertad, confianza

[6] Plan Nacional de Desarrollo 2019 – 2024 [PND]. Diario Oficial de la Federación, México, 12 de julio de 2019.

Por otra parte, el PND señala en su apartado II. POLÍTICA SOCIAL, Desarrollo Sostenible, que México está comprometido a impulsar el desarrollo sostenible (incluyendo mandatos éticos, sociales, ambientales y económicos).

De esta forma, tal y como podrá observarse a lo largo del presente DTU-BP, el Proyecto se apega a las políticas públicas de desarrollo sostenible establecidas en el Plan Nacional de Desarrollo.

3.4.6.2. Programa Sectorial de Medio Ambiente y Recursos Naturales

El Programa Sectorial de Medio Ambiente y Recursos Naturales (PROMARNAT) se inscribe en el esfuerzo de planeación estratégica de la Administración Pública Federal y se deriva del PND 2013-2018, estableciendo los objetivos específicos que el sector medio ambiente debe cumplir conforme al citado Plan y la política de planeación de la actual administración en materia ambiental.

Al respecto el PROMARNAT establece diversos objetivos generales que son congruentes y consistentes con el Proyecto por la naturaleza de las Obras y Actividades que éste plantea, los cuales se enuncian a continuación:

> Objetivo 2. Incrementar la resiliencia a efectos del cambio climático y disminuir las emisiones de compuestos y gases de efecto invernadero;
> Objetivo 4. Recuperar la funcionalidad de cuencas y paisajes a través de la conservación, restauración y aprovechamiento sustentable del patrimonio natural;

Respecto del Objetivo 2 del PROMARNAT se plantean las siguientes estrategias y líneas de acción:

a) Estrategia 2.1. Incrementar la resiliencia ecosistémica y disminuir la vulnerabilidad de la población, infraestructura y servicios al cambio climático.

   Línea de acción 2.1.2. Promover el fortalecimiento e inclusión de criterios de adaptación en infraestructura estratégica en sectores industriales y servicios.

En relación con el Objetivo 4 del PROMARNAT antes referido, se señalan las siguientes estrategias y líneas de acción:

b) Estrategia 4.1 Fomentar la conservación y restauración de los ecosistemas y su biodiversidad, para mantener el patrimonio natural y sus servicios ambientales.

   Línea de acción 4.1.6. Fomentar la restauración de ecosistemas, para mantener y restablecer sus funciones, asegurando su conectividad y provisión de servicios ambientales.

De lo anterior se concluye que el Proyecto es totalmente consistente y congruente con los objetivos, estrategias y líneas de acción que plantea el PROMARNAT; estableciendo áreas de conservación que permiten la continuidad de los ecosistemas en el Sistema Ambiental, además de prever un desarrollo sustentable por medio de la correcta planeación y diseño armónico con el medio que lo rodea.

3.4.7. Ordenamientos Territoriales

La Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos establece en su artículo 26 que el Estado Mexicano organizará un sistema de planeación democrática del desarrollo nacional, señalando mecanismos de participación que acumulen las demandas de la sociedad para ser incorporadas a un plan y programas de desarrollo al que se someterán los programas de la Administración Pública Federal al cual también se apegaran estados y municipios.

Asimismo, y tal como lo prevé el artículo 2º de la Ley de Planeación, el Sistema Nacional de Planeación deberá llevarse a cabo como un medio para el eficaz desempeño de la responsabilidad del Estado sobre el desarrollo integral y sustentable del país, y deberá tender a la consecución de los fines y objetivos políticos, sociales, culturales y económicos contenidos en la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos.

De esta manera, encontramos que en los tres niveles de gobierno de nuestro país se han generado diversos instrumentos de planeación que tienen por objeto definir los alcances y objetivos de las políticas públicas nacionales en materia económica, ambiental, urbana, turística, entre otras; los cuales se vinculan con el Proyecto a continuación.

3.4.7.1. Programa de Ordenamiento Ecológico General del Territorio

El Programa de Ordenamiento Ecológico General del Territorio (POEGT) tiene por objeto llevar a cabo una regionalización ecológica del territorio nacional y de las zonas sobre las cuales la Nación ejerce su soberanía, identificando áreas de atención prioritaria en materia ambiental. Este clasifica al país en 80 Regiones Ecológicas y 145 Unidades Ambientales Biofísicas (UAB) que han sido generadas y regionalizadas conforme a cuatro criterios: (i) clima, (ii) relieve, (iii) vegetación, y (iv) suelo (Figura 3.3).

El Proyecto se localiza dentro de la Región Ecológica número 17.33 y la UAB número 62 denominada Karst de Yucatán y Quintana Roo. Las estrategias sectoriales de esta UAB están enfocadas a lograr la sustentabilidad ambiental del territorio, al mejoramiento del sistema social e infraestructura urbana y al fortalecimiento de la gestión y la coordinación institucional.

Figura 3.3. Ubicación del Proyecto dentro del Programa de Ordenamiento Ecológico General del Territorio.



Las características de las UAB 62 se describen en la Tabla 3. 16 que se presenta a continuación.

Tabla 3. 16. Características de la UAB 62.

Clave región	UAB	Nombre de la UAB	Rectores del desarrollo	Coadyuvantes del desarrollo	Asociados del desarrollo	Otros sectores de interés	Política ambiental	Nivel de atención prioritaria
17.33	62	Karst de Yucatán y Quintana Roo	Preservación de Flora y Fauna Turismo	Desarrollo Social y Forestal	Agricultura Ganadería	Pueblos Indígenas	Restauración, protección y aprovechamiento sustentable	Alta

El 07 de septiembre de 2012 fue publicado en el Diario Oficial de la Federación el "Acuerdo por el que se expide el Programa de Ordenamiento Ecológico General del Territorio", en dicho acuerdo se indica lo siguiente:

"De conformidad con la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA), el ordenamiento ecológico se define como el instrumento de política ambiental cuyo objeto es regular o inducir el uso del suelo y las actividades productivas, con el fin de lograr la protección del medio ambiente y la preservación y el aprovechamiento sustentable de los recursos naturales, a partir del análisis de las tendencias de deterioro y las potencialidades de aprovechamiento de los mismos.

La planeación ambiental en México, se lleva a cabo mediante diferentes instrumentos entre los que se encuentra el ordenamiento ecológico, que es considerado uno de los principales

instrumentos con los que cuenta la política ambiental mexicana. Tiene sustento en la LGEEPA y su Reglamento en Materia de Ordenamiento Ecológico (ROE). Se lleva a cabo a través de programas en diferentes niveles de aplicación y con diferentes alcances, así tenemos: el General, los Marinos, los Regionales y los Locales. La formulación, aplicación y evaluación del Programa de Ordenamiento Ecológico General del Territorio (POEGT) y de los Marinos, es facultad de la Federación, la cual se ejerce a través de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, específicamente, a través de la Dirección General de Política Ambiental e Integración Regional y Sectorial de la Subsecretaría de Planeación y Política Ambiental, en coordinación con la Dirección General de Investigación de Ordenamiento Ecológico y Conservación de los Ecosistemas del Instituto Nacional de Ecología.

El ROE establece que el objeto del POEGT es llevar a cabo una regionalización ecológica del territorio nacional y de las zonas sobre las cuales la nación ejerce soberanía y jurisdicción, identificando áreas de atención prioritaria y áreas de aptitud sectorial. Asimismo, tiene por objeto establecer los lineamientos y estrategias ecológicas necesarias para, entre otras, promover la preservación, protección, restauración y aprovechamiento sustentable de los recursos naturales; promover medidas de mitigación de los posibles impactos ambientales causados por las acciones, programas y proyectos de las dependencias y entidades de la Administración Pública Federal (APF); orientar la ubicación de las actividades productivas y de los asentamientos humanos; fomentar el mantenimiento de los bienes y servicios ambientales; promover la protección y conservación de los ecosistemas y la biodiversidad; fortalecer el Sistema Nacional de Áreas Naturales Protegidas; apoyar la resolución de los conflictos ambientales, así como promover la sustentabilidad e incorporar la variable ambiental en los programas, proyectos y acciones de los sectores de la APF.

El POEGT promueve un esquema de coordinación y corresponsabilidad entre los sectores de la APF - a quienes está dirigido este Programa - que permite generar sinergias y propiciar un desarrollo sustentable en cada una de las regiones ecológicas identificadas en el territorio nacional."

En vista de lo anterior se advierte que el Programa de Ordenamiento Ecológico General del Territorio, contiene estrategias dirigidas a la Administración Pública Federal, por lo tanto, únicamente son de observancia para efectos de este Proyecto. Sin embargo, a efecto de demostrar que el Proyecto da puntual cumplimiento a las estrategias planteadas por el POEGT correspondientes a la UAB 62 y aplicables al Proyecto, se ha desarrollado el siguiente análisis y ejercicio de vinculación únicamente respecto de las estrategias que resultan directamente aplicables al Proyecto (Tabla 3. 17). Aquellas estrategias correspondientes a la UAB 62 que no se mencionan en el cuadro siguiente no resultan aplicables al Proyecto.

Tabla 3. 17. Vinculación del Proyecto con los criterios del Programa de Ordenamiento Ecológico General del Territorio.

Estrategias UAB 62	
Estrategias	**Vinculación con el Proyecto**
Grupo I. Dirigidas a lograr la sustentabilidad ambiental del Territorio	
Mediante el presente DTU-BP se exponen en forma precisa las justificaciones técnicas que evidencian que el Proyecto se encuentra en cumplimiento de las estrategias señaladas en esta sección, por lo que no existirá riesgo de un desequilibrio ecológico, debido a las medidas de mitigación establecidas.	

Estrategias UAB 62	
Estrategias	**Vinculación con el Proyecto**
Preservación	
1.- Conservación *in situ* de los ecosistemas y su biodiversidad.	**SE CUMPLE** Para este Proyecto, se establecen zonas de conservación en donde no se modificará de ninguna manera el ecosistema.
2.- Recuperación de especies en riesgo.	**SE CUMPLE** Se establece un Subprograma de Conservación de Especies, que consideran el rescate de especies en riesgo, además del Programa de Supervisión y Vigilancia Ambiental que incluye medidas de monitoreo de las especies que ocupan el sitio.
3.- Conocimiento, análisis y monitoreo de los ecosistemas y su biodiversidad.	**SE CUMPLE** Se establece un Subprograma de Conservación de Especies, así como un Programa de Supervisión y Vigilancia Ambiental, conforme a la fracción IX del artículo 141 del Reglamento de la LGDFS, que consideran el rescate de especies en riesgo, además del monitoreo de las especies que ocupan el sitio.
Aprovechamiento sustentable	
4.- Aprovechamiento sustentable de ecosistemas, especies, genes y recursos naturales;	**SE CUMPLE** El aprovechamiento que se realizará de los recursos naturales, es en estricto apego a la Ley, cumpliendo con lo establecido respecto a la protección de especies y recursos naturales. Además de ello, se han establecido programas que permitirán recuperar y/o mantener los elementos existentes e incrementar su valor ambiental en el corto, mediano y largo plazo. Adicionalmente, todos los trabajos planteados en este DTU-BP proponen y consideran medidas de prevención y mitigación de cualquier desequilibrio ecológico que pueda presentar en su desarrollo.

Estrategias UAB 62	
Estrategias	**Vinculación con el Proyecto**
8.- Valoración de los servicios ambientales.	**SE CUMPLE** El Proyecto da cumplimiento a esta estrategia, en razón de que se considera en gran parte del predio zonas de conservación. Asimismo, al ser parte del proyecto autorizado Ciudad Mayakoba, se consideró la estructura ambiental de la zona, contemplando los corredores biológicos existentes dentro del diseño del plan maestro.
Protección de los recursos naturales	
9.- Propiciar el equilibrio de las cuencas y acuíferos sobreexplotados.	**SE CUMPLE** La empresa promovente da cumplimiento a esta estrategia, ya que el Proyecto no representa un factor de presión a los acuíferos de la zona. Debido a que se inserta al interior del macroproyecto Ciudad Mayakoba, por lo que el abastecimiento del servicio de agua potable se realizará a través de la red de suministro del macroproyecto.
10.- Reglamentar para su protección, el uso del agua en las principales cuencas y acuíferos.	**SE CUMPLE** La empresa promovente da cumplimiento a esta estrategia, ya que este Proyecto no representa un factor de presión a los acuíferos de la zona. Debido a que se inserta al interior del macroproyecto Ciudad Mayakoba, el abastecimiento del servicio de agua potable se realizará a través de la red de suministro del macroproyecto.
12.- Protección de los ecosistemas.	**SE CUMPLE** El Proyecto contempla un uso sustentable de los recursos naturales, respetando su integridad y la funcionalidad de los ecosistemas.
13.- Racionalizar el uso de agroquímicos y promover el uso de biofertilizantes.	**NO APLICA** Únicamente se hará uso de agroquímicos autorizados por la CICOPLAFEST. Además, se dará preferencia a la utilización de especies nativas para la reforestación de áreas y ajardinado.
Restauración	

Estrategias UAB 62	
Estrategias	**Vinculación con el Proyecto**
14.- Restauración de los ecosistemas forestales y suelos agrícolas.	**SE CUMPLE** En relación con esta estrategia y en particular respecto a la restauración de ecosistemas forestales, se reforestarán las áreas necesarias con especies nativas. Por otro lado, es claro que la naturaleza del Proyecto no tiene relación alguna con suelos agrícolas, por lo que esta estrategia NO ES APLICABLE al Proyecto en ese tenor.
Grupo II. Dirigidas al mejoramiento del sistema social e infraestructura urbana	
Infraestructura y equipamiento urbano regional	
31. Generar e impulsar las condiciones necesarias para el desarrollo de ciudades y zonas metropolitanas seguras, competitivas, sustentables, bien estructuradas y menos costosas.	**SE CUMPLE** Es importante señalar que la ejecución del Proyecto implica un desarrollo positivo en infraestructura vial, provocando también un aumento en la seguridad de la zona, de tal modo que se mejorarán las condiciones sociales en la región donde se realizará el mismo.
Grupo III. Dirigidas al Fortalecimiento de la gestión y la coordinación institucional	
Marco Jurídico	
42. Asegurará la definición y el respeto a los derechos de propiedad rural.	**SE CUMPLE** Se cuenta con el respectivo título de propiedad sobre el predio en el cual se asentará el Proyecto, a pesar de no tratarse de propiedad rural.

3.4.7.2. Programa de Ordenamiento Ecológico Marino y Regional del Golfo de México y Mar Caribe

Publicado en el Diario Oficial de la Federación el 24 de noviembre de 2012, el Programa de Ordenamiento Ecológico Marino y Regional del Golfo de México y Mar Caribe (POEMyRGMyMC) es el instrumento de política ambiental desarrollado para fortalecer la sustentabilidad de mares y costas, teniendo como fin la protección del medio ambiente y la preservación y el aprovechamiento sustentable de los recursos naturales. Es un elemento integrador de políticas públicas que permite dar un marco coherente a las acciones en materia de derecho marítimo, lucha contra la contaminación de los mares, proporciona protección a los recursos marinos, combate la marginación y orienta el desarrollo hacia la sustentabilidad.

El POEMyRGMyMC considera un modelo con lineamientos ecológicos y unidades de gestión ambiental y una estrategia ecológica con objetivos específicos, acciones, criterios ecológicos y responsables.

Modelo de Ordenamiento Ecológico

1. Lineamientos Ecológicos, que incluyen 27 metas o enunciados generales que reflejan el estado deseable de las UGA, orientados a la atención de las tendencias de deterioro ambiental identificados en la Agenda Ambiental, durante la etapa de diagnóstico, pronóstico y en el ejercicio de visión prospectiva.

2. Unidades de Gestión Ambiental (UGA), que incluyen 203 unidades clasificadas en Marinas y Regionales.

    - Área Marina, que comprende las áreas o superficies ubicadas en zonas marinas mexicanas, incluyendo zonas federales adyacentes del Golfo de México y Mar Caribe. También incluye 26 Áreas Naturales Protegidas, de competencia Federal con parte de su extensión en la zona marina. Cabe señalar, que en dichas áreas aplica el Decreto y el Programa de Manejo correspondiente, así como las acciones generales y específicas que establece este Programa, de acuerdo con su ubicación.

    - El Área Regional abarca una región ecológica ubicada en 142 municipios con influencia costera de 6 entidades federativas (Quintana Roo, Yucatán, Campeche, Tabasco, Veracruz y Tamaulipas). En esta área se incluyen 3 ANP de competencia Federal que no tienen contacto directo con el mar, en las cuales aplica solamente el Decreto y el Programa de Manejo correspondiente. Asimismo, se incluyen 14 ANP Estatales.

Este ordenamiento prevé una serie de acciones que se clasifican en generales y específicas, con el propósito de atender la problemática ambiental identificada en la región, designando a los tres niveles de gobierno como únicos responsables de la instrumentación de dichas acciones. Sin embargo, y aun cuando la instrumentación de las acciones mencionadas para la implementación del POEMyRGMyMC corresponden exclusivamente a las autoridades, con la intención de contribuir y manteniendo el firme compromiso de la Promovente en favor de la preservación y conservación del medio ambiente de la región en donde se ubica el Proyecto, se ha desarrollado la vinculación con el POEMyRGMyMC.

Según lo establecido en dicho ordenamiento, el Proyecto en cuestión se ubica en la UGA 139 – Solidaridad, ubicada en el municipio de Solidaridad, estado de Quintana Roo. En la siguiente Figura 3. 4 se representa la ubicación del Proyecto respecto de la UGA 139 y en la Figura 3. 5 se presenta la ubicación, extensión y acciones aplicables a la UGA 139.

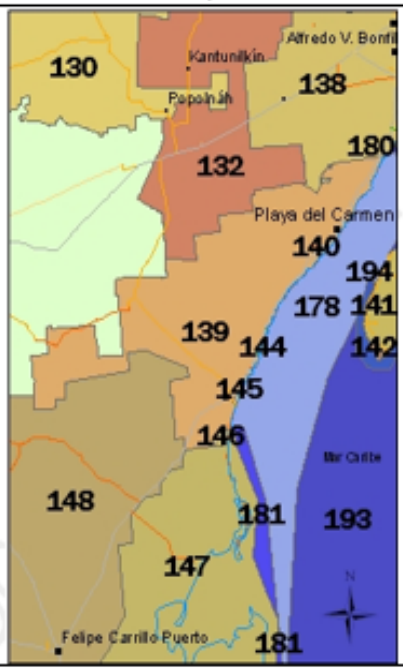
Figura 3. 4. Ubicación del Proyecto respecto del Programa de Ordenamiento Ecológico Marino y Regional del Golfo de México y Mar Caribe.



Figura 3. 5. Ubicación, extensión y acciones aplicables a la UGA 139 – Solidaridad, Programa de Ordenamiento Ecológico Marino y Regional del Golfo de México y Mar Caribe.

Unidad de Gestión Ambiental #:139

Tipo de UGA	Regional	**Mapa**
Nombre:	Solidaridad	
Municipio:	Solidaridad	
Estado:	Quintana Roo	
Población:	135,237 Habitantes	
Superficie:	327,229.174 Ha.	
Subregión:	Aplicar criterios de Zona Costera Inmediata Mar Caribe	
Islas:		
Puerto Turístico	Presente	
Puerto Comercial	Presente	
Puerto Pesquero		
Nota:		



A esta UGA se le aplican las Acciones Generales descritas en el anexo 4 además de las siguientes Acciones Específicas:

Acciones Específicas							
Acción	**Aplicación**	**Acción**	**Aplicación**	**Acción**	**Aplicación**	**Acción**	**Aplicación**
A-001	APLICA	A-027	APLICA	A-053	APLICA	A-079	NA
A-002	APLICA	A-028	APLICA	A-054	APLICA	A-080	NA
A-003	APLICA	A-029	APLICA	A-055	APLICA	A-081	NA
A-004	NA	A-030	APLICA	A-056	APLICA	A-082	NA
A-005	APLICA	A-031	APLICA	A-057	APLICA	A-083	NA
A-006	APLICA	A-032	APLICA	A-058	APLICA	A-084	NA
A-007	APLICA	A-033	APLICA	A-059	APLICA	A-085	NA
A-008	APLICA	A-034	NA	A-060	APLICA	A-086	NA
A-009	APLICA	A-035	NA	A-061	APLICA	A-087	NA
A-010	APLICA	A-036	NA	A-062	APLICA	A-088	NA
A-011	APLICA	A-037	APLICA	A-063	APLICA	A-089	NA
A-012	APLICA	A-038	APLICA	A-064	APLICA	A-090	NA
A-013	APLICA	A-039	APLICA	A-065	APLICA	A-091	NA
A-014	APLICA	A-040	APLICA	A-066	APLICA	A-092	NA
A-015	APLICA	A-041	NA	A-067	APLICA	A-093	NA
A-016	APLICA	A-042	NA	A-068	APLICA	A-094	NA
A-017	APLICA	A-043	NA	A-069	APLICA	A-095	NA
A-018	APLICA	A-044	APLICA	A-070	APLICA	A-096	NA
A-019	APLICA	A-045	NA	A-071	APLICA	A-097	NA
A-020	APLICA	A-046	APLICA	A-072	APLICA	A-098	NA
A-021	APLICA	A-047	NA	A-073	NA	A-099	NA
A-022	APLICA	A-048	NA	A-074	NA	A-100	NA
A-023	APLICA	A-049	NA	A-075	NA		
A-024	APLICA	A-050	APLICA	A-076	NA		
A-025	APLICA	A-051	APLICA	A-077	APLICA		
A-026	APLICA	A-052	APLICA	A-078	NA		

NA = NO APLICA

En la siguiente Tabla 3. 18 se presenta la vinculación del Proyecto con las acciones generales establecidas en el POEMyRGMyMC y en la Tabla 3. 19 con las acciones específicas que le son aplicables.

Tabla 3. 18. Vinculación del Proyecto con las acciones generales del Programa de Ordenamiento Ecológico Marino y Regional del Golfo de México y Mar Caribe.

Clave	Acciones Generales
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.**
El cumplimiento de la presente acción no es obligación de la Promovente del Proyecto; sin embargo, ésta promoverá la utilización de tecnologías y la implementación de buenas prácticas de manejo para el uso eficiente del agua.	
G002	**Promover el establecimiento del pago por servicios ambientales hídricos en coordinación con la CONAGUA y las demás autoridades competentes.**
La presente acción no es aplicable a la Promovente del Proyecto, dichos mecanismos de pago serán ser implementados por las autoridades competentes en la materia.	
G003	**Impulsar y apoyar la creación de UMA para evitar el comercio de especies de extracción y sustituirla por especies de producción.**
La Promovente del Proyecto no tiene considerado la creación de una UMA.	
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).**
Esta acción es aplicable a la autoridad y no al Promovente; por otra parte, el Proyecto no contempla la realización de actividades extractivas de flora ni de fauna.	
G005	**Establecer bancos de germoplasma, conforme a la legislación aplicable.**
La presente acción no es aplicable a la Promovente del Proyecto, en razón de que no se contempla el establecimiento de bancos de germoplasma.	
G006	**Reducir la emisión de gases de efecto invernadero.**
No se plantea la construcción o desarrollo de obras que impliquen la emisión de gases con efecto invernadero. Sin embargo, para el cumplimiento de esta acción, la maquinaria y equipo de combustión interna que sea utilizada para el desarrollo del Proyecto en cualquiera de sus etapas, se encontrará en óptimas condiciones mecánicas para disminuir la emisión de estos gases.	
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.**
La realización de estas acciones no es responsabilidad de la Promovente, por lo que no es aplicable.	
G008	**El uso de Organismos Genéticamente Modificados debe realizarse conforme a la legislación vigente.**
La Promovente del Proyecto no tiene visualizado utilizar organismos genéticamente modificados dentro de sus actividades.	
G009	**Planificar las acciones de construcción de infraestructura, en particular la de comunicaciones terrestres para evitar la fragmentación del hábitat.**
El cumplimiento de la presente acción no es responsabilidad de la Promovente del Proyecto. No se omite manifestar que la caracterización ambiental del predio fue considerada durante el diseño del Proyecto, evitando la fragmentación del hábitat y considerando corredores biológicos para el desplazamiento de las especies.	
G010	**Instrumentar campañas y mecanismos para la reutilización de áreas agropecuarias para evitar su expansión hacia áreas naturales.**
La presente acción es aplicable para las autoridades competentes, el Proyecto no tiene contemplado reutilizar áreas agropecuarias.	
G011	**Instrumentar medidas de control para minimizar las afectaciones producidas a los ecosistemas costeros por efecto de las actividades humanas.**

Clave	Acciones Generales
La acción mencionada no es aplicable, ya que corresponde a una obligación para la autoridad y no para la Promovente. El Proyecto implementará todas y cada una de las medidas de prevención, mitigación y compensación de impactos ambientales que constituyen el SMGA del Proyecto, las cuales se encuentran alineadas al SMGA del proyecto autorizado Ciudad Mayakoba, mismas que tienen como objetivo minimizar las afectaciones producidas a los ecosistemas costeros por efecto del desarrollo del mismo.	
G012	**Impulsar la ubicación o reubicación de parques industriales en sitios ya perturbados o de escaso valor ambiental.**
La acción mencionada no es aplicable, ya que corresponde a una obligación para la autoridad y no para la Promovente. Por otra parte, el Proyecto no incluye el desarrollo de parques industriales.	
G013	**Evitar la introducción de especies potencialmente invasoras en o cerca de las coberturas vegetales nativas.**
El Proyecto no contempla la introducción de especies potencialmente invasoras en ningún área del proyecto. Asimismo, se apegará a lo establecido en el SMGA del Proyecto, el cual se encuentra alineado al proyecto autorizado Ciudad Mayakoba, por lo que las especies que se utilicen en las labores de jardinería y reforestación serán preferentemente nativas.	
G014	**Promover la reforestación en los márgenes de los ríos.**
No aplica, ya que es una obligación de las autoridades pertinentes y no de la Promovente. Asimismo, se manifiesta que dentro del predio del Proyecto no existen ríos superficiales.	
G015	**Evitar el asentamiento de zonas industriales o humanas en los márgenes o zonas inmediatas a los cauces naturales de los ríos.**
Esta acción no aplica, ya que es una obligación de las autoridades pertinentes y no de la Promovente.	
G016	**Reforestar las laderas de las montañas con vegetación nativa de la región.**
Lo estipulado en esta acción no aplica, ya que es una obligación aplicable para la autoridad y no para la Promovente.	
G017	**Desincentivar las actividades agrícolas en las zonas con pendientes mayores a 50%.**
No aplica, ya que es una obligación aplicable para la autoridad y no para la Promovente. Por otra parte, el Proyecto no implica actividades agrícolas de ningún tipo, además de que en la región donde se ubica no existen pendientes mayores a 50%.	
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.**
Lo indicado en esta acción no aplica al Proyecto propuesto, ya que es una obligación aplicable para la autoridad y no para la Promovente.	
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.**
Lo indicado en esta acción no aplica, ya que es una obligación aplicable a la autoridad y no la Promovente.	
G020	**Recuperar y mantener la vegetación natural en las riberas de los ríos y zonas inundables asociadas a ellos.**
No aplica, ya que es una obligación aplicable para la autoridad y no para la Promovente. Asimismo, en la región donde se ubica el Proyecto no existen ríos superficiales ni zonas inundables.	
G021	**Promover las tecnologías productivas en sustitución de las extractivas.**
No aplica, ya que es una obligación aplicable a la autoridad y no a la Promovente.	
G022	**Promover el uso de tecnologías productivas intensivas en sustitución de las extensivas.**
Lo indicado en esta acción no aplica, ya que es una obligación aplicable a la autoridad y no a la Promovente.	
G023	**Implementar campañas de control de especies que puedan convertirse en plagas.**
Lo estipulado en esta acción no aplica, ya que es una obligación aplicable a la autoridad y no a la Promovente. Sin embargo, el Proyecto propuesto implementará todas las medidas para prevenir, mitigar o compensar los impactos ambientales identificados contenidas en el SMGA del proyecto autorizado Ciudad Mayakoba, incluyendo las que conforman el Subprograma de Conservación del Hábitat, entre las cuales se encuentran definir e implementar medidas para el manejo y control de especies de fauna nociva con métodos de bajo impacto ambiental.	

Clave	Acciones Generales
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.**
Lo contenido en esta acción no es aplicable ya que representa una obligación para la autoridad y no para la Promovente.	
G025	**Fomentar el uso de especies nativas que posean una alta tolerancia a parámetros ambientales cambiantes para las actividades productivas.**
Esta acción no es aplicable ya que el presente Proyecto no contempla actividades productivas de tipo agrícola o forestal.	
G026	**Identificar las áreas importantes para el mantenimiento de la conectividad ambiental en gradientes altitudinales y promover su conservación (o rehabilitación).**
Esta acción no es aplicable, debido a que no existen gradientes altitudinales en el área donde se ubica el Proyecto.	
G027	**Promover el uso de combustibles de no origen fósil.**
Lo indicado por esta acción no aplica, ya que es una obligación para la autoridad y no para la Promovente.	
G028	**Promover el uso de energías renovables.**
Esta acción no es aplicable, ya que es una obligación aplicable a la autoridad y no a la Promovente.	
G029	**Promover un aprovechamiento sustentable de la energía.**
No aplica, ya que es una obligación aplicable a la autoridad y no a la Promovente.	
G030	**Fomentar la producción y uso de equipos energéticamente más eficientes.**
No aplica, ya que es una obligación aplicable a la autoridad y no a la Promovente.	
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.**
Lo indicado en esta acción no aplica, ya que es una obligación aplicable a la autoridad y no a la Promovente.	
G032	**Promover la generación y uso de energía a partir de hidrógeno.**
Esta acción no es aplicable, ya que contiene una obligación para la autoridad y no para la Promovente.	
G033	**Promover la investigación y desarrollo en tecnologías limpias.**
Esta acción no es aplicable, ya que contiene una obligación para la autoridad y no para la Promovente.	
G035	**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.**
No aplica, ya que es una obligación aplicable a la autoridad y no a la Promovente.	
G036	**Establecer medidas que incrementen la eficiencia energética de las instalaciones domésticas existentes.**
No aplica, ya que es una obligación aplicable a la autoridad y no a la Promovente.	
G037	**Establecer medidas que incrementen la eficiencia energética de las instalaciones industriales existentes.**
Esta acción no es aplicable, ya que contiene una obligación para la autoridad y no para la Promovente. Asimismo, el Proyecto no incluye instalaciones industriales de ningún tipo.	
G038	**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.**
Esta acción no es aplicable, ya que contiene una obligación para la autoridad y no para la Promovente.	
G039	**Evaluar la potencialidad del suelo para la captura de carbono.**
Lo contenido en esta acción no es aplicable, ya que representa una obligación para la autoridad y no para la Promovente.	
G040	**Promover y fortalecer la formulación e instrumentación de los ordenamientos ecológicos locales en el ASO.**
Lo indicado en esta acción no aplica, ya que es una obligación para la autoridad y no para la Promovente.	
G041	**Fomentar la participación de las industrias en el Programa Nacional de Auditoría Ambiental.**
Esta acción no aplica, ya que contiene una obligación aplicable para la autoridad y no a la Promovente.	

Clave	Acciones Generales
G042	**Fomentar la elaboración de Programas de Desarrollo Urbano en los principales centros de población de los municipios.**
Esta acción no aplica, ya que representa una obligación para la autoridad y no para la Promovente.	
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.**
Lo estipulado en esta acción no aplica, ya que es una obligación aplicable para la autoridad y no para la Promovente.	
G044	**Contribuir a la construcción y reforzamiento de las cadenas productivas y de comercialización interna y externa de las especies pesqueras.**
Lo estipulado en esta acción no aplica, ya que es una obligación aplicable para la autoridad y no para la Promovente.	
G045	**Consolidar el servicio de transporte público en las localidades nodales.**
Lo indicado en esta acción no aplica, ya que es una obligación aplicable para la autoridad y no para la Promovente.	
G046	**Fomentar la ampliación o construcción de infraestructuras que liberen tránsito de paso, corredores congestionados y mejore el servicio de transporte.**
Lo contenido en esta acción no aplica, ya que es una obligación para la autoridad y no para la Promovente.	
G047	**Impulsar la diversificación de actividades productivas.**
Lo estipulado en esta acción no aplica, ya que representa una obligación para la autoridad y no para la Promovente.	
G048	**Instrumentar y apoyar campañas para la prevención ante la eventualidad de desastres naturales.**
El presente Proyecto aplicará todas las medidas contenidas en el SMGA del Proyecto, el cual se encuentra alineado al SMGA del proyecto autorizado Ciudad Mayakoba, entre las cuales se encuentran la participación activa del Promovente en la instrumentación y apoyo de campañas de prevención ante desastres naturales que indique la autoridad correspondiente.	
G049	**Fortalecer la creación o consolidación de los comités de protección civil.**
Lo estipulado en esta acción no aplica, ya que representa una obligación para la autoridad y no para la Promovente.	
G050	**Promover que las construcciones de las casas habitación sean resistentes a eventos hidrometeorológicos.**
Lo estipulado en esta acción no aplica, ya que representa una obligación para la autoridad y no para la Promovente.	
G051	**Realizar campañas de concientización sobre el manejo adecuado de residuos sólidos urbanos.**
Lo establecido en esta acción no aplica, ya que es una obligación que recae sobre la autoridad y no sobre la Promovente. Sin embargo, el Proyecto se apegará a lo establecido en el SMGA del Proyecto, el cual se encuentra alineado al SMGA del proyecto autorizado Ciudad Mayakoba, incluyendo la implementación de reglamentos internos para la conservación y buen uso de los recursos, que integran medidas para el adecuado manejo de los residuos.	
G052	**Implementar campañas de limpieza, particularmente en asentamientos suburbanos y urbanos (descacharrización, limpieza de solares, separación de basura, etc.).**
Lo estipulado en esta acción no es aplicable, ya que representa una obligación para la autoridad y no para la Promovente.	
G053	**Instrumentar programas y mecanismos de reutilización de las aguas residuales tratadas.**
Lo contenido en esta acción representa una obligación que corresponde a la autoridad y no a la Promovente.	
G054	**Promover en el sector industrial la instalación y operación adecuada de plantas de tratamiento para sus descargas.**
Lo establecido en la presente acción, es una obligación que corresponde a la autoridad y no a la Promovente. Asimismo, el Proyecto no considera actividades del sector industrial.	

Clave	Acciones Generales
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.**
Se cumple mediante la presentación de este DTU-BP.	
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.**
Esta acción no es aplicable ya que corresponde a una obligación para la autoridad y no para la Promovente.	
G057	**Promover los estudios sobre los problemas de salud relacionados con los efectos del cambio climático.**
Lo establecido en esta acción no aplica, ya que representa una obligación para la autoridad y no para la Promovente.	
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.**
El Proyecto implementará todas las medidas establecidas en el SMGA del Proyecto, que se encuentran alineadas al SMGA del proyecto autorizado Ciudad Mayakoba, entre las que se encuentran diversas acciones contenidas en el Programa de Manejo Integral de Residuos, para realizar el manejo adecuado de los residuos peligrosos, conforme a lo establecido en la legislación vigente, por lo que se da cumplimiento a esta acción.	
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.**
Lo establecido en esta acción no es aplicable, ya que el Proyecto no se encuentra ubicado dentro de la poligonal de ningún área natural protegida.	
G060	**Ubicar la construcción de infraestructura costera en sitios donde se minimice el impacto sobre la vegetación acuática sumergida.**
Esta acción no aplica ya que el Proyecto no considera la construcción de infraestructura en zona costera ni en áreas con vegetación acuática sumergida.	
G061	**La construcción de infraestructura costera se deberá realizar con procesos y materiales que minimicen la contaminación del ambiente marino.**
El Proyecto no contempla la construcción de infraestructura en la costa, por lo que esta acción no le es aplicable.	
G062	**Implementar procesos de mejora de la actividad agropecuaria y aplicar mejores prácticas de manejo.**
Lo indicado en la presente acción no aplica, ya que representa una obligación para la autoridad y no para la Promovente, además de que el Proyecto no incluyen actividades agropecuarias de ningún tipo.	
G063	**Promover la elaboración de ordenamientos pesqueros y acuícolas a diferentes escalas y su vinculación con los ordenamientos ecológicos.**
Lo establecido en esta acción no aplica, ya que representa una obligación para la autoridad y no para la Promovente.	
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.**
Lo establecido en esta acción no aplica, ya que representa una obligación para la autoridad y no para la Promovente.	
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.**
Lo establecido en esta acción no es aplicable, debido a que el Proyecto no se ubica dentro de la poligonal de ningún área natural protegida.	

Tabla 3. 19. Vinculación del Proyecto con las acciones específicas aplicables a la UGA 139 del Programa de Ordenamiento Ecológico Marino y Regional del Golfo de México y Mar Caribe.

Clave	Acciones Específicas
A001	**Fortalecer los mecanismos para el control de la comercialización y uso de agroquímicos y pesticidas.**
Esta acción no aplica, ya que es una obligación de las autoridades pertinentes y no de la Promovente. Asimismo, esta acción no tiene ninguna relación con el Proyecto.	
A002	**Instrumentar mecanismos de capacitación para el manejo adecuado de agroquímicos y pesticidas.**
El Proyecto cumple con lo establecido en esta acción, ya que aplicará todas las estrategias y medidas de prevención, mitigación y compensación de impactos ambientales incluidas en el SMGA del Capítulo 7, entre las que se encuentran la educación y capacitación ambiental, que incluye el tema del manejo adecuado de sustancias peligrosas como los agroquímicos y pesticidas.	
A003	**Usar preferentemente fertilizantes orgánicos y abonos verdes en los procesos de fertilización del suelo de actividades agropecuarias y forestales.**
El Proyecto se ajusta a lo establecido en esta acción, ya que aplicará todas las estrategias y medidas de prevención, mitigación y compensación de impactos ambientales incluidas en el SMGA descritas en el Capítulo 7 del presente DTU-BP, las que se encuentran alineadas al SMGA del proyecto autorizado Ciudad Mayakoba, entre las que se encuentran el uso exclusivo de agroquímicos autorizados por la CICOPLAFEST.	
A005	**Instrumentar mecanismos y programas para reducir las pérdidas de agua durante los procesos de distribución de la misma.**
El Proyecto se ajusta a lo establecido en esta acción, ya que aplicará todas las estrategias y medidas de prevención, mitigación y compensación de impactos ambientales incluidas en el SMGA del Proyecto, las que se encuentran alineadas al SMGA del proyecto autorizado Ciudad Mayakoba, incluyendo acciones de mantenimiento de tuberías e instalaciones de distribución del agua para evitar fugas.	
A006	**Implementar programas para la captación de agua de lluvia y el uso de aguas grises.**
El Proyecto cumple con lo establecido en esta acción, ya que aplicará todas las estrategias y medidas de prevención, mitigación y compensación de impactos ambientales incluidas en el SMGA del Proyecto, que se encuentran alineadas al SMGA del proyecto autorizado Ciudad Mayakoba, incluyendo la reincorporación de aguas pluviales por medio de pozos de absorción.	
A007	**Promover la constitución de áreas destinadas voluntariamente a la conservación o ANP en áreas aptas para la conservación o restauración de ecosistemas naturales.**
El Proyecto dejará zonas de conservación, cumpliendo con el objeto de esta acción.	
A008	**Evitar las actividades humanas en las playas de anidación de tortugas marinas, salvo aquellas que estén autorizadas en los programas de conservación.**
El predio del Proyecto se ubica al poniente de la carretera federal por lo que no tiene colindancia con el litoral. Tomando en consideración lo anterior y toda vez que no se encuentran playas al interior del predio, la presente acción no es aplicable al Proyecto.	
A009	**Fortalecer la inspección y vigilancia en las zonas de anidación y reproducción de las tortugas marinas.**
Esta acción no aplica, ya que es una obligación de las autoridades pertinentes y no de la Promovente. Además, como se ha indicado anteriormente, el Proyecto se localiza en el km 298 de la Carretera Federal 307 Chetumal-Puerto Juárez, estando toda la superficie comprendida al poniente de la carretera federal por lo que no tiene colindancia con el litoral, motivo por el cual no se encuentran playas al interior del predio, dejando sin aplicación lo contenido en esta acción.	
A010	**Fortalecer el apoyo económico de las actividades de conservación de las tortugas marinas.**
Esta acción no aplica, ya que es una obligación de las autoridades pertinentes y no de la Promovente. Además, como se ha indicado anteriormente, el Proyecto se localiza en el Km 299 de la Carretera Federal 307 Chetumal-Puerto Juárez, estando toda la superficie comprendida al poniente de la carretera federal por lo que no tiene colindancia con el litoral, motivo por el cual no se encuentran playas al interior del predio, dejando sin aplicación lo contenido en esta acción.	
A011	**Establecer e impulsar programas de restauración y recuperación de la cobertura vegetal original para revertir el avance de la frontera agropecuaria.**

Clave	Acciones Específicas
Esta acción no aplica, ya que es una obligación de las autoridades pertinentes y no de la Promovente.	
A012	**Evitar la modificación de las dunas costeras, así como eliminar la vegetación natural y construir sobre ellas.**
Tal y como se ha indicado anteriormente, el Proyecto se localiza en el km 298 de la Carretera Federal 307 Chetumal-Puerto Juárez, estando toda la superficie comprendida al poniente de la carretera federal por lo que no tiene colindancia con el litoral, de conformidad con lo anterior y toda vez que no se encuentran zonas de playa al interior del predio, esta acción no es aplicable.	
A013	**Establecer las medidas necesarias para evitar la introducción de especies potencialmente invasoras por actividades marítimas en los términos establecidos por los artículos 76 y 77 de la Ley de Navegación y Comercio Marítimo.**
Esta acción no aplica, ya que es una obligación de las autoridades pertinentes y no de la Promovente. Asimismo, el Proyecto no incluye actividades marítimas de ningún tipo.	
A014	**Instrumentar campañas de restauración, reforestación y recuperación de manglares y otros humedales en las zonas de mayor viabilidad ecológica.**
Esta acción no aplica, ya que es una obligación de las autoridades pertinentes y no de la Promovente.	
A015	**Promover e impulsar la reubicación de instalaciones que se encuentran sobre las dunas arenosas en la zona costera del ASO.**
Esta acción no aplica, ya que es una obligación de las autoridades pertinentes y no de la Promovente.	
A016	**Establecer corredores biológicos para conectar las ANP existentes o las áreas en buen estado de conservación dentro del ASO.**
Esta acción no aplica, ya que es una obligación de las autoridades pertinentes y no de la Promovente. Asimismo, el Proyecto no se ubica dentro de la poligonal de ningún área natural protegida.	
A017	**Establecer e impulsar programas de restauración, reforestación y recuperación de zonas degradadas.**
Esta acción no aplica, ya que es una obligación de las autoridades pertinentes y no de la Promovente. Sin embargo, el Proyecto implementará todas las medidas de prevención, mitigación y compensación de impactos ambientales incluidas en el SMGA del Proyecto, que se encuentran alineadas al SMGA del proyecto autorizado Ciudad Mayakoba, entre las que se encuentran la reforestación de áreas degradadas que se encuentran en zonas designadas para conservación.	
A018	**Impulsar los programas y acciones de recuperación de especies bajo algún régimen de protección en la NOM-059 SEMARNAT.**
Esta acción no aplica, ya que es una obligación de las autoridades pertinentes y no de la Promovente. Sin embargo, el Proyecto implementará todas las medidas de prevención, mitigación y compensación de impactos ambientales incluidas en el SMGA del Proyecto, las que se encuentran alineadas al SMGA del proyecto autorizado Ciudad Mayakoba, entre las que se encuentran el rescate de flora y fauna con énfasis en especies consideradas en riesgo según la NOM-059-SEMARNAT-2010, así como otras medidas cuyo fin es conservar las características que permiten el desarrollo de las especies en riesgo dentro del Proyecto.	
A019	**Instrumentar programas de remediación de suelos de acuerdo a la LGPGIR, su reglamento y a la NOM-138- SEMARNAT, de ser aplicable, en suelos que sean aptos para conservación o preservación.**
Esta acción no aplica, ya que es una obligación de las autoridades pertinentes y no de la Promovente.	
A020	**Promover el uso de tecnologías de manejo de la caña en verde para evitar la contaminación del aire producida en los periodos de zafra.**
Esta acción no aplica, ya que es una obligación de las autoridades pertinentes y no de la Promovente, además de que el Proyecto no contempla actividades relacionadas con el manejo de la caña verde.	
A021	**Fortalecer los mecanismos de control de emisiones y descargas para mejorar la calidad del aire, agua y suelos, particularmente en las zonas industriales y urbanas del ASO.**
Esta acción no aplica, ya que es una obligación de las autoridades pertinentes y no de la Promovente.	
A022	**Fomentar programas de remediación y monitoreo de zonas y aguas costeras afectadas por hidrocarburos.**
Esta acción no aplica, ya que es una obligación de las autoridades pertinentes y no de la Promovente.	
A023	**Aplicar medidas preventivas y correctivas de contaminación del suelo con base a riesgo ambiental, así como la aplicación de acciones inmediatas o de emergencia y tecnologías para la remediación in situ, en términos de la legislación aplicable.**

Clave	Acciones Específicas
Lo indicado en esta acción no es aplicable, ya que representa una obligación para la autoridad y no para la Promovente. No obstante, el Proyecto implementará todas las medidas de prevención, mitigación y compensación establecidas en el SMGA del Proyecto, las que se encuentran alienadas al SMGA del proyecto autorizado Ciudad Mayakoba autorizado, contribuyendo al cumplimiento de esta acción.	
A024	**Fomentar el uso de tecnologías para reducir la emisión de gases de efecto invernadero y partículas al aire por parte de la industria y los automotores.**
Esta acción no aplica, ya que es una obligación de las autoridades pertinentes y no de la Promovente.	
A025	**Efectuar programas de remediación y de rehabilitación integral de sitios contaminados por actividades industriales, de conformidad con la LGPGIR y su Reglamento.**
Esta acción no aplica, ya que es una obligación de las autoridades pertinentes y no de la Promovente.	
A026	**Promover e impulsar el uso de tecnologías "Limpias" y "Ambientalmente amigables" en las industrias registradas en el ASO y su área de influencia. Fomentar que las industrias que se establezcan cuenten con las tecnologías de reducción de emisiones de gases de efecto invernadero.**
Esta acción no aplica, ya que es una obligación de las autoridades pertinentes y no de la Promovente. Asimismo, el Proyecto no considera actividades de tipo industrial.	
A027	**Mantener al mínimo posible la superficie ocupada por las instalaciones de infraestructura en las playas para evitar su perturbación.**
Esta acción no aplica, ya que es una obligación de las autoridades pertinentes y no de la Promovente. Así mismo, el Proyecto se pretende desarrollar en un predio ubicado al poniente de la carretera federal 307 Chetumal-Puerto Juárez, por lo que no colindan con el litoral y por lo tanto carecen de playas, dejando sin aplicación lo contenido en esta acción.	
A028	**Evitar la instalación de infraestructura permanente o de ocupación continua entre la playa y el primero o segundo cordón de dunas. Salvo aquellas que correspondan a proyectos prioritarios de beneficio público por parte de PEMEX, CFE y SCT y/o en casos de contingencia meteorológica o desastre natural, minimizando la alteración de esta zona.**
Esta acción no aplica, ya que es una obligación de las autoridades pertinentes y no de la Promovente. Asimismo, el Proyecto se pretende desarrollar en un predio ubicado al poniente de la carretera federal 307 Chetumal-Puerto Juárez, por lo que no colindan con el litoral y por lo tanto carecen de playas, dejando sin aplicación lo contenido en esta acción.	
A029	**Evitar la modificación del perfil de la costa o la modificación de los patrones de circulación de las corrientes alineadas a la costa. Salvo cuando correspondan a proyectos de infraestructura que tengan por objeto mitigar o remediar los efectos causados por contingencia meteorológica o desastre natural.**
Esta acción no aplica, ya que es una obligación de las autoridades pertinentes y no de la Promovente. Asimismo, el Proyecto no contempla cambio alguno en el perfil de la costa ni en los patrones de circulación de las corrientes alineadas a ésta, por lo que dan cumplimiento a lo establecido en esta acción.	
A030	**Generar o adaptar tecnologías constructivas y de ingeniería que minimicen la afectación al perfil costero y a los patrones de circulación de aguas costeras.**
Debido a la ubicación del Proyecto, este no afectará de ninguna forma los elementos descritos en esta acción. Sin perjuicio de lo anterior, para el diseño del Proyecto se consideraron diversos estudios con el fin de minimizar la afectación de los elementos naturales existentes en el predio, adoptando y empleando tecnología adecuada para un desarrollo sustentable, así como medidas de prevención, mitigación y compensación delineadas específicamente para los impactos ambientales que generará el Proyecto.	
A031	**Evitar la modificación de las características de las barras arenosas que limitan los sistemas lagunares costeros.**
El Proyecto se desarrolla en un predio ubicado al poniente de la carretera federal 307 Chetumal-Puerto Juárez que carecen de litoral y no colindan con ningún sistema lagunar costero, por lo que esta acción no le es aplicable.	
A032	**Evitar la modificación de las características físicas y químicas de playas y dunas costeras.**
El Proyecto se pretende desarrollar en un predio ubicado al poniente de la carretera federal 307 Chetumal-Puerto Juárez, por lo que no colindan con el litoral y por lo tanto carecen de playas y dunas costeras, dejando sin aplicación lo contenido en esta acción.	

Clave	Acciones Específicas
A033	**Fomentar el aprovechamiento de la energía eólica excepto cuando su infraestructura pueda afectar corredores de especies migratorias.**
Esta acción no aplica, ya que es una obligación de las autoridades pertinentes y no de la Promovente.	
A037	**Fomentar la generación energética por medio de energía solar.**
Esta acción no aplica, ya que es una obligación de las autoridades pertinentes y no de la Promovente.	
A038	**Impulsar el uso de los residuos agrícolas para la generación de energía y reducir los riesgos de incendios forestales en las regiones más secas.**
Esta acción no aplica, ya que es una obligación de las autoridades pertinentes y no de la Promovente.	
A039	**Reducir el uso de agroquímicos sintéticos a favor del uso de mejoradores orgánicos.**
El Proyecto aplicará todas las medidas de prevención, mitigación y compensación de impactos ambientales, las que se encuentran alineadas al SMGA del proyecto autorizado Ciudad Mayakoba, entre las que se encuentra el uso exclusivo de agroquímicos autorizados por la CICOPLAFEST para el mantenimiento de áreas verdes, por lo que se da cumplimiento a esta acción.	
A040	**Impulsar la sustitución de las actividades de pesca extractiva por actividades de producción acuícola con especies nativas de la zona en la cual se aplica el programa y con tecnologías que no contaminen el ambiente y cuya infraestructura no afecte los sistemas naturales.**
Esta acción no aplica, ya que es una obligación de las autoridades pertinentes y no de la Promovente. Asimismo, el Proyecto no incluye actividades pesqueras de ningún tipo.	
A044	**Diversificar la base de especies en explotación comercial en las pesquerías.**
Esta acción no aplica, ya que es una obligación de las autoridades pertinentes y no de la Promovente. Asimismo, el Proyecto no incluye actividades pesqueras de ningún tipo.	
A046	**Incentivar el cumplimiento de los mecanismos existentes para controlar el vertido y disposición de residuos de embarcaciones, en las porciones marinas tanto costeras como oceánicas.**
Esta acción no aplica, ya que es una obligación de las autoridades pertinentes y no de la Promovente. Asimismo, el Proyecto no incluye actividades marinas de ningún tipo.	
A050	**Promover el desarrollo de Programas de Desarrollo Urbano y Programas de Conurbación con el fin de dotar de infraestructura de servicios a las comunidades rurales.**
Esta acción no aplica, ya que es una obligación de las autoridades pertinentes y no de la Promovente.	
A051	**Construcción de caminos rurales, de terracería o revestidos entre las localidades estratégicas para procesos de mejorar la comunicación.**
Esta acción no aplica, ya que es una obligación de las autoridades pertinentes y no de la Promovente.	
A052	**Promover el uso sostenible de la tierra/agricultura (cultivos, ganado, pastos y praderas, y bosques) y prácticas de manejo y tecnología que favorezcan la captura de carbono.**
Esta acción no aplica, ya que es una obligación de las autoridades pertinentes y no de la Promovente.	
A053	**Desincentivar y evitar el desarrollo de actividades productivas extensivas.**
Esta acción no aplica, ya que es una obligación de las autoridades pertinentes y no de la Promovente.	
A054	**Promover la sustitución de tecnologías extensivas por sus correspondientes intensivas en las actividades acordes a la aptitud territorial, utilizando esquemas de manejo y tecnología adecuada para minimizar el impacto ambiental.**
Esta acción no aplica, ya que es una obligación de las autoridades pertinentes y no de la Promovente.	
A055	**Coordinar los programas de gobierno que apoyan a la producción para actuar sinérgicamente sobre el territorio y la población que lo ocupa.**
Esta acción no aplica, ya que es una obligación de las autoridades pertinentes y no de la Promovente.	
A056	**Identificar e implementar aquellos cultivos aptos a las condiciones ambientales cambiantes.**
Esta acción no aplica, ya que es una obligación de las autoridades pertinentes y no de la Promovente.	
A057	**El establecimiento de zonas urbanas no debe realizarse en zonas de riesgo industrial, zonas de riesgo ante eventos naturales y zonas susceptibles de inundación y derrumbe. Tampoco deberá establecerse en zonas de restauración ecológica, en humedales, dunas costeras ni sobre manglares.**
El presente Proyecto no contempla el desarrollo de zonas urbanas en áreas de riesgo industrial o susceptibles de inundación o derrumbe. Asimismo, el Proyecto se apega a la zonificación ambiental establecida para el proyecto autorizado Ciudad Mayakoba, la cual ubica a los ecosistemas frágiles como	

Clave	Acciones Específicas
zonas de protección en donde no será posible el establecimiento de infraestructura urbana. De esta forma, el Proyecto da cumplimiento a esta acción.	
A058	**Hacer campañas para reubicar a personas fuera de las zonas de riesgo.**
Esta acción no aplica, ya que es una obligación de las autoridades pertinentes y no de la Promovente.	
A059	**Identificar, reforzar o dotar de equipamiento básico a las localidades estratégicas para la conservación y/o el desarrollo sustentable.**
Esta acción no aplica, ya que es una obligación de las autoridades pertinentes y no de la Promovente.	
A060	**Establecer y mejorar sistemas de alerta temprana ante eventos hidrometeorológicos extremos.**
Esta acción no aplica, ya que es una obligación de las autoridades pertinentes y no de la Promovente.	
A061	**Mejorar las condiciones de las viviendas y de infraestructura social y comunitaria en las localidades de mayor marginación.**
Esta acción no aplica, ya que es una obligación de las autoridades pertinentes y no de la Promovente.	
A062	**Fortalecer y consolidar las capacidades organizativas y de infraestructura para el manejo adecuado y disposición final de residuos peligrosos y de manejo especial. Asegurar el Manejo Integral de los Residuos Peligrosos.**
Esta acción no aplica, ya que es una obligación de las autoridades pertinentes y no de la Promovente. Sin embargo, el Proyecto implementará todas las medidas de prevención, mitigación y compensación de impactos ambientales contenidas en el SMGA del Proyecto, las que se encuentran alienadas al SMGA del proyecto autorizado Ciudad Mayakoba, entre las cuales se encuentra la implementación del Programa de Manejo Integral de Residuos, dentro del cual se prevé el adecuado manejo y disposición de los residuos (líquidos, sólidos y peligrosos) generados en las diferentes etapas del proyecto. De esta manera, se da cumplimiento a esta acción.	
A063	**Instalar nuevas plantas de tratamiento de aguas residuales municipales y optimizar las ya existentes.**
Esta acción no aplica, ya que es una obligación de las autoridades pertinentes y no de la Promovente.	
A064	**Completar la conexión de las viviendas al sistema de colección de aguas residuales municipales y a las plantas de tratamiento.**
Esta acción no aplica, ya que es una obligación de las autoridades pertinentes y no de la Promovente.	
A065	**Instrumentar programas de recuperación y mejoramiento de suelos mediante el uso de lodos inactivados de las plantas de tratamiento de aguas servidas municipales.**
Esta acción no aplica, ya que es una obligación de las autoridades pertinentes y no de la Promovente.	
A066	**Incrementar la capacidad de tratamiento de las plantas para dar tratamiento terciario a los efluentes e inyectar aguas de mayor calidad al manto freático en apoyo, en su caso, a la restauración de humedales.**
Esta acción no aplica, ya que es una obligación de las autoridades pertinentes y no de la Promovente.	
A067	**Incrementar la capacidad de captación de aguas pluviales en las zonas urbanas y turísticas.**
El Proyecto implementará todas las medidas de prevención, mitigación y compensación de impactos ambientales contenidas en el SMGA del proyecto autorizado, entre las cuales se encuentran: 1. El mantenimiento de tuberías e instalaciones. 2. Incorporar la captación aguas pluviales, mismas que serán dirigidas a pozos de absorción. De esta manera, el Proyecto da cabal cumplimiento a esta acción.	
A068	**Promover e impulsar el desarrollo e instrumentación de planes de manejo para residuos sólidos, peligrosos y de manejo especial de acuerdo a la normatividad vigente.**
El Proyecto implementará todas las medidas de prevención, mitigación y compensación de impactos ambientales del SMGA del Proyecto, las que se encuentran alienadas con el SMGA del proyecto autorizado Ciudad Mayakoba autorizado, entre las cuales se encuentra la implementación del Programa de Manejo Integral de Residuos que contiene acciones específicas para el manejo de residuos sólidos, líquidos, peligrosos y de manejo especial. Lo anterior permite a la Promovente contribuir al cumplimiento de lo dispuesto en esta acción.	
A069	**Establecer planes de manejo que permitan el aprovechamiento, tratamiento o disposición final de los residuos para evitar su disposición al mar.**

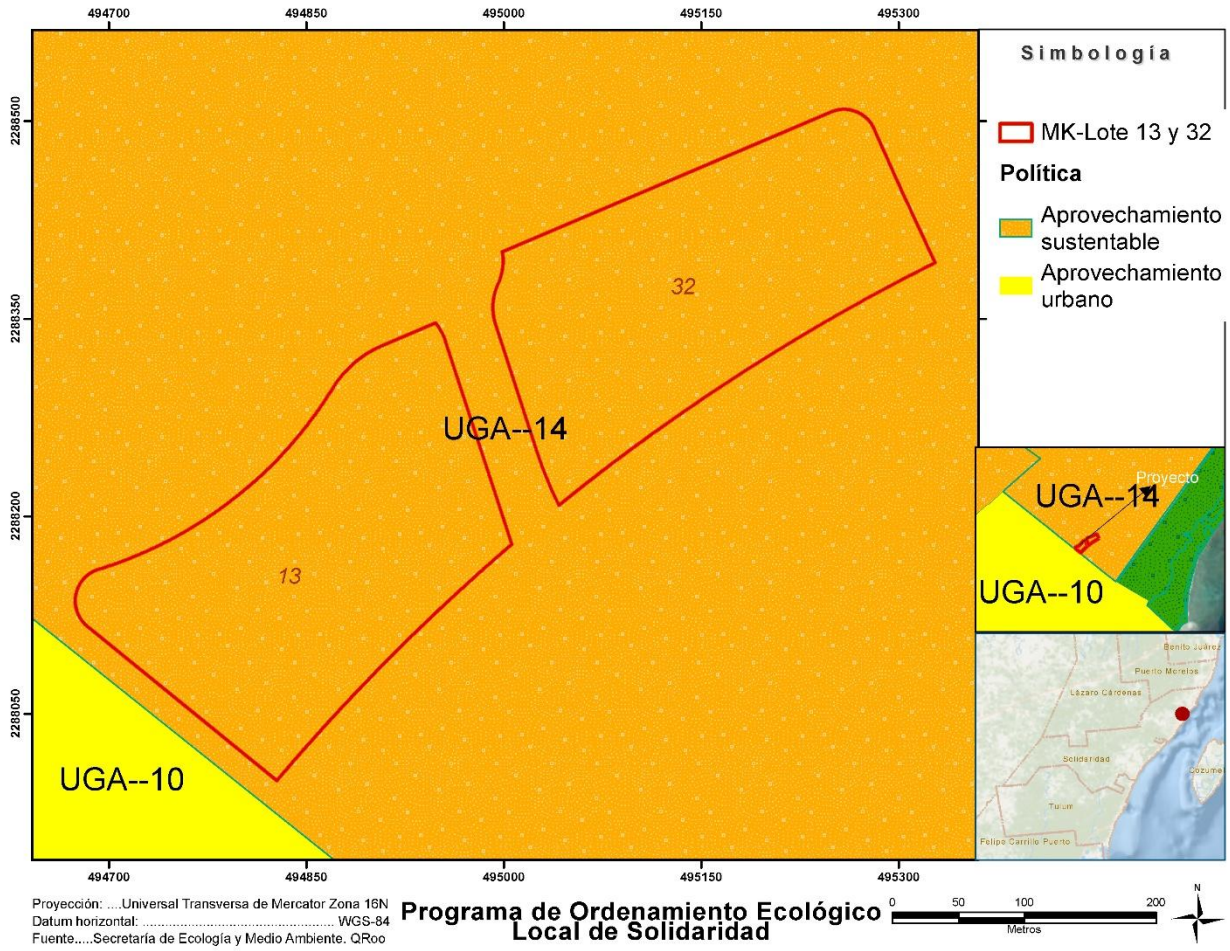
Clave	Acciones Específicas
Esta acción no aplica, ya que es una obligación de las autoridades pertinentes y no de la Promovente.	
A070	**Realizar campañas de colecta y concentración de residuos sólidos en la zona costera para su disposición final.**
Esta acción no aplica, ya que es una obligación de las autoridades pertinentes y no de la Promovente.	
A071	**Diseñar e instrumentar acciones coordinadas entre sector turismo y sector conservación para reducir al mínimo la afectación de los ecosistemas en zonas turísticas y aprovechar al máximo el potencial turístico de los recursos. Impulsar y fortalecer las redes de turismo de la naturaleza (ecoturismo) en todas sus modalidades como una alternativa al desarrollo local respetando los criterios de sustentabilidad según la norma correspondiente.**
Esta acción no aplica, ya que es una obligación de las autoridades pertinentes y no de la Promovente.	
A072	**Promover que la operación de desarrollos turísticos se haga con criterios de sustentabilidad ambiental y social, a través de certificaciones ambientales nacionales o internacionales, u otros mecanismos.**
Esta acción no aplica, ya que es una obligación de las autoridades pertinentes y no de la Promovente. Sin embargo, el Proyecto aplicará las buenas prácticas establecidas en el SMGA del proyecto autorizado Ciudad Mayakoba, que demuestren el apego del Proyecto a los criterios de sustentabilidad ambiental y social. De esta forma, se da cumplimiento a esta acción.	
A077	**La construcción, modernización y ampliación de la infraestructura aeroportuaria deberá minimizar la afectación de la estructura y función de los ecosistemas y sus bienes y servicios ambientales, entre éstos, flujos hidrológicos, conectividad de ecosistemas, especies en riesgo, recarga de acuíferos y hábitats críticos.**
Esta acción no aplica, ya que es una obligación de las autoridades pertinentes y no de la Promovente. Asimismo, el Proyecto no incluye el desarrollo de infraestructura aeroportuaria.	

Como se demuestra en la Tabla 3. 18 y Tabla 3. 19, el Proyecto presenta un total cumplimiento respecto a las obligaciones y criterios aplicables a la UGA 139, respetando lo establecido en este instrumento de ordenamiento ecológico.

3.4.7.3. Programa de Ordenamiento Ecológico Local del Municipio de Solidaridad

De acuerdo con el Programa de Ordenamiento Ecológico Local del Municipio de Solidaridad (POEL-S), publicado en el Periódico Oficial del Estado de Quintana Roo el 25 de mayo de 2009, así como a la localización de Ciudad Mayakoba, lugar donde se pretende realizar el Proyecto, le corresponden la Unidad de Gestión Ambiental (UGA) 14 Reserva Urbana Norte-Sur de Playa del Carmen (Figura 3. 6).

Figura 3. 6. UGA del Programa de Ordenamiento Ecológico Local del Municipio de Solidaridad aplicable al Proyecto.



Para la UGA 14, la vocación del uso del suelo, así como los usos condicionados e incompatibles están definidos por el mismo POEL-S. No obstante, a lo anterior los parámetros urbanos del predio se encuentran definidos por la Modificación del Programa Parcial de Desarrollo Urbano "El Jesusito" (PPDU-J) publicado en el Periódico Oficial del Estado de Quintana Roo el 10 de marzo del 2016 los cuales, como se demostrará en el contenido de este capítulo, son cumplidos por el Proyecto.

El objetivo de la UGA 14 es: Impulsar que el crecimiento sea controlado buscando una mejor calidad de vida con terrenos aptos para desarrollos de diferentes tipos económicos, estableciendo una planeación acorde a las expectativas de crecimiento poblacional que actualmente se tienen, generando zonas aptas para el desarrollo.

Tabla 3. 20. Especificaciones de la UGA 14 conforme a lo establecido en el Programa de Ordenamiento Ecológico Local de Solidaridad.

UNIDAD DE GESTIÓN AMBIENTAL	14		
NOMBRE	**RESERVA URBANA NORTE-SUR DE PLAYA DEL CARMEN**		
POLÍTICA AMBIENTAL	**Aprovechamiento sustentable**		
SUPERFICIE	7,448.13 hectáreas	**PORCENTAJE MUNICIPAL**	3.75 %
ESCENARIO INICIAL	Las zonas propuestas se ubican dentro del área afectada por los incendios de 1989, por lo que la vegetación es de tipo secundario en su mayor parte. Asimismo, la zona presenta en lo general una aptitud baja para la conservación, ya que son áreas que han sufrido una degradación ambiental por actividades antropogénicas. La carencia de vivienda genera inequidades sociales y propicia el surgimiento y proliferación de asentamientos no regulares, teniendo como resultado un crecimiento anárquico en los centros urbanos, y el aumento del rezago en infraestructura urbana y de servicios.		
TENDENCIAS	En la actualidad existe la necesidad por parte de las autoridades municipales y estatales, por dotar de terrenos aptos para desarrollos de diferentes tipos económicos, ya que las superficies planeadas para la reserva urbana prácticamente se han agotado, por ello es importante establecer una planeación acorde a las expectativas de crecimiento poblacional que actualmente se tienen, generando zonas aptas para este desarrollo.		
LINEAMIENTO AMBIENTAL	La zona se desarrollará de manera armónica, de conformidad a los planes o programas aplicables. Los servicios urbanos se establecerán de manera oportuna, ofreciendo espacios urbanos dignos y confortables.		
ESTRATEGIAS AMBIENTALES	Los usos previstos en el presente instrumento, quedan sujetos a las disposiciones normativas de carácter ambiental y urbano, con el objetivo de incentivar y reforzar las actividades compatibles, fomentar la instalación del equipamiento requerido y proponer zonas habitacionales y actividades productivas de manera conjunta y equilibrada, buscando a si el desarrollo sustentable de la región.		
VOCACIÓN DE USO DEL SUELO	Urbana.		
USOS CONDICIONADOS	Ecoturístico, turístico, industrial, minería, UMA's, deportivo, parque recreativo, comercial, reserva natural, equipamiento.		
USOS INCOMPATIBLES	Forestal, agropecuario, agroforestal, agroindustrial, marina.		
CRITERIOS DE REGULACIÓN ECOLÓGICA	**USO**	**CRITERIOS ESPECÍFICOS**	
	Ecoturístico	08, 09, 18, 29, 31, 39, 52, 54, 57, 59, 60, 77, 80, 81,86, 95, 100.	
	Suburbano	26, 39, 52, 54, 80, 85, 86, 95, 100.	
	Urbano	23, 24, 116.	
	Industrial	28, 39, 53, 54, 70, 72, 73, 74, 75, 78, 80, 95, 100, 102, 110.	
	Minero	10, 28, 39, 42, 43, 44, 52, 54, 58, 70, 71, 72, 73, 74, 75, 78, 95, 110, 111, 112.	
	UMA's	04, 07, 09, 16, 29, 46, 50, 51, 52, 54, 77, 80, 82, 86, 100.	
	Deportivo	06, 09, 13, 25, 37, 39, 49, 50, 53, 54, 59, 61, 68, 75,80, 85, 86, 94, 95, 100.	
	Parque recreativo	06, 08, 09, 11, 28, 31, 39, 49, 53, 54, 57, 58, 59, 64, 68, 69, 80, 85, 86, 95, 100, 102, 108.	

UNIDAD DE GESTIÓN AMBIENTAL		14
	Reserva Natural	07, 16, 30, 80, 86, 100
	Comercial	28, 39, 53, 54, 63, 70, 71, 72, 73, 75, 80, 95, 102, 109.
	Equipamiento	32, 53, 54, 85, 86.

Esta unidad de gestión ambiental presenta la política ambiental de Aprovechamiento sustentable.

Aprovechamiento sustentable*: La utilización de los recursos naturales en forma que se respete la integridad funcional y las capacidades de carga de los ecosistemas de los que forman parte dichos recursos, por periodos indefinidos.*

Vinculación y cumplimiento:

El Proyecto da cumplimiento a la política ambiental, ya que se respeta todos y cada uno de los criterios de regulación ambiental, mediante lo cual se garantiza el aprovechamiento sustentable de los recursos naturales, así mismo dentro del Proyecto se presentan diversas estimaciones que demuestran que el Proyecto no afectará los recursos de agua, suelo y vegetación del predio, para lo cual se definió el establecimiento del 40.50%, del Proyecto, como áreas de conservación.

Las disposiciones y orientaciones

Los criterios de regulación ecológica establecidos para el Programa Ordenamiento Ecológico Local del Municipio de Solidaridad han sido organizados en tres grupos:

- Los criterios ecológicos de aplicación general (CG), son aplicables a la totalidad del territorio ordenando fuera de los centros de población legalmente constituidos en el Municipio de Solidaridad, independientemente del uso del suelo que se pretenda dar a los predios particulares.

- Los criterios de regulación ecológica aplicables a las áreas urbanas (CU), son aplicables en la totalidad del territorio ordenado dentro de los centros de población legalmente constituidos en el Municipio de Solidaridad, independientemente del uso del suelo que se pretenda dar a los predios particulares.

- Los criterios de regulación ecológica de carácter específico (CE), son aplicables a la totalidad del territorio ordenado fuera de los centros de población legalmente constituidos en el municipio de solidaridad, cuya aplicación está en función del tipo de uso de suelo que se pretenda dar a los predios particulares.

A continuación, se hace la vinculación de los criterios aplicables para el Proyecto, siguiendo el orden primero de criterios ecológicos de aplicación general (Tabla 3. 21), criterios de regulación ecológica de aplicación en áreas urbanas (

Tabla 3. 22), y criterios de regulación ecológica específicos (Tabla 3. 23).

Tabla 3. 21. Vinculación del Proyecto con los criterios ecológicos de aplicación general del Programa de Ordenamiento Ecológico Local del Municipio de Solidaridad.

Criterios Ecológicos de Aplicación General		
Criterio	**Descripción del criterio**	**Vinculación del proyecto**
CG-01	Las actividades, obras y proyectos que se pretendan desarrollar dentro del área municipal, deberán dar cabal cumplimiento a lo establecido en el marco normativo ambiental vigente, considerando de manera enunciativa pero no limitativa, Tratados Internacionales suscritos por México, Leyes Generales, Leyes Estatales, Normas Oficiales Mexicanas, Reglamentos Federales, Estatales y Municipales, Declaratorias y Decretos, Planes y Programas de Manejo aplicables en materia ambiental, urbana, manejo de residuos, protección de flora y fauna y emisión de contaminantes, uso y goce de la Zona Federal Marítimo Terrestre; por lo que no se describen como criterios las obligaciones, límites máximos permisibles o cualquier otro parámetro establecido por estos instrumentos de carácter obligatorio.	La Promovente para dar cumplimiento a este criterio, realiza la vinculación del tipo legal que corresponde al DTU-BP, con el cual se acredita la viabilidad jurídica del Proyecto y se demuestra fehacientemente ante la autoridad evaluadora que se tiene conocimiento de los instrumentos legales que puedan aplicar directa o indirectamente al Proyecto y que el desconocimiento de la ley no exime de su responsabilidad. Manifestando que no iniciará la ejecución de las obras hasta tener todas las autorizaciones emitidas por las autoridades correspondientes en sus diferentes niveles de gobierno.
CG-02	Antes del inicio de cualquier obra o actividad se deberá ejecutar el rescate selectivo de vegetación en el área de aprovechamiento proyectada. La selección de las especies, el número de individuos por especie a rescatar y la densidad mínima de rescate, los métodos y técnicas aplicables, así como el monitoreo del programa, se determinarán y propondrán en un estudio técnico o programa que deberá acompañar al estudio de impacto ambiental aplicable al proyecto. Las actividades de rescate de vegetación deberán obtener de manera previa a su inicio la autorización correspondiente.	La Promovente no realizará ninguna actividad relacionada con la ejecución del Proyecto hasta obtener la autorización correspondiente y previamente a realizar cualquier actividad de desmonte la Promovente se compromete a que en el marco de la propuesta del Subprograma de Conservación de Especies conforme a lo establecido en la fracción IX del artículo 141 del Reglamento de la LGDFS, se llevará a cabo la implementación de las acciones de rescate de especies vegetales correspondientes, el cual será sometido a la autorización correspondiente y se implementará en las zonas autorizadas para el aprovechamiento con el fin de dar cumplimiento al presente criterio. Se pondrá especial interés en las especies que se encuentran enlistadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010, así como en las arbóreas de mayor talla. No se omite manifestar que el Subprograma de Conservación de Especies está alienado a los programas de manejo del SMGA correspondiente al proyecto Ciudad Mayakoba, el cual fue autorizado por la Dirección General de Impacto y Riesgo Ambiental mediante el oficio SGPA/DGIRA/04219 de fecha 19 de junio del año 2013.
CG-03	Previo al inicio de cualquier obra o actividad de cada proyecto se deberán ejecutar medidas preventivas orientadas a la protección de los individuos de fauna	El Proyecto ha considerado la implementación de las medidas establecidas en el Subprograma de Conservación de Especies contenido en el Capítulo 7 de este DTU-BP, y que se encuentran alienadas con

<table>
<tr><th colspan="3">Criterios Ecológicos de Aplicación General</th></tr>
<tr><th>Criterio</th><th>Descripción del criterio</th><th>Vinculación del proyecto</th></tr>
<tr><td></td><td>silvestre presentes en el área de aprovechamiento proyectada. La selección de los métodos y técnicas a aplicar se determinará con base en un estudio técnico o programa que deberá acompañar al estudio de impacto ambiental aplicable al proyecto. Las medidas deberán obtener de manera previa a su inicio la autorización correspondiente.</td><td>el SMGA del proyecto autorizado Ciudad Mayakoba. Entre las medidas contempladas se encuentran el recorrido previo al desmonte dentro de las áreas de desplante por un especialista en manejo de fauna, con la finalidad de rescatar individuos de fauna silvestre que lo requieran y trasladarlos a las áreas de conservación del proyecto autorizado Ciudad Mayakoba. Previo a su traslado, cada organismo será identificado y registrado en formatos especiales.</td></tr>
<tr><td>CG-04</td><td>Los proyectos de cualquier índole deberán incorporar a sus áreas verdes vegetación nativa propia del ecosistema en el cual se realice el proyecto. Únicamente se permite el empleo de flora exótica que no esté incluida en el listado de flora exótica invasiva de la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). La selección de especies a incluir en las áreas verdes, así como el diseño de jardines deberá sustentarse en un programa de arborización y ajardinado que deberá acompañar al estudio de impacto ambiental aplicable al proyecto. Se deberá emplear una proporción de 4 a 1 entre plantas de especies nativas y especies ornamentales, excluyendo los pastos.</td><td>En la ejecución del Proyecto, se contemplan áreas de conservación con vegetación natural y áreas verdes con vegetación nativa del lugar (41.28%). Los individuos que sean rescatados serán reubicados en el Proyecto ya sea en las áreas verdes o en las áreas de conservación.

<table>
<tr><th>Concepto</th><th>Superficie ha</th><th>Superficie %</th></tr>
<tr><td>Conservación</td><td>2.66</td><td>25.00</td></tr>
<tr><td>Áreas verdes</td><td>1.73</td><td>16.28</td></tr>
<tr><td>Total</td><td>4.39</td><td>41.28</td></tr>
</table>

Asimismo, por medio del Programa de Rescate y Reubicación de especies de flora y fauna, se presente la reubicación de al menos 11 especies de flora silvestre las cuales se presentan a a continuación:

<table>
<tr><th>Nombre común</th><th>Nombre científico</th></tr>
<tr><td>Palma chit</td><td>Thrinax radiata</td></tr>
<tr><td>Palma nakas</td><td>Coccothrinax readii</td></tr>
<tr><td>Chacá</td><td>Bursera simaruba</td></tr>
<tr><td>Cocoite blanco</td><td>Gliricidia sepium</td></tr>
<tr><td>Pata de vaca</td><td>Bauhinia divaricata</td></tr>
<tr><td>Pomolche</td><td>Jatropha gaumeri</td></tr>
<tr><td>Tulipan</td><td>Malvabiscus arboreus</td></tr>
<tr><td>Flor de mayo</td><td>Plumeria rubra</td></tr>
<tr><td>Chilar</td><td>Rivina humilis</td></tr>
<tr><td>Dzidzilche</td><td>Gymnopodium floribundum</td></tr>
<tr><td>Xnantus</td><td>Ichnanthus lancelatus</td></tr>
</table>

La propuesta de rescate de palmas consta de 10 individuos por hectárea (80 individuos en total) y de especies silvestres nativas se estableció un número de 65 individuos por hectárea (520 individuos en total).</td></tr>
<tr><td>CG-05</td><td>Con la finalidad de evitar el fraccionamiento de los ecosistemas y el aislamiento de las poblaciones, se deberán agrupar las áreas de aprovechamiento y mantener la continuidad de las áreas con vegetación natural. Para lo cual, el promovente deberá presentar un estudio de zonificación ambiental que demuestre la mejor ubicación de la infraestructura planteada por el proyecto, utilizando</td><td>El Proyecto se apega a la zonificación establecida en el proyecto autorizado Ciudad Mayakoba, la cual se definió con base en la caracterización ambiental del predio y del SAR, así como en apego a los instrumentos de planeación, legislación y normatividad aplicables y cuyos impactos ambientales, incluyendo la fragmentación de los ecosistemas y el aislamiento de poblaciones de vida silvestre ya fueron evaluados mediante la manifestación de impacto ambiental regional del</td></tr>
</table>

Criterios Ecológicos de Aplicación General		
Criterio	**Descripción del criterio**	**Vinculación del proyecto**
	preferentemente las áreas perturbadas por usos previos o con vegetación secundaria o acahual.	proyecto previamente señalado. Asimismo, El Proyecto se apega a las superficies de aprovechamiento definidas para los Lote 13 y 32 del PPDU-J y en el proyecto Ciudad Mayakoba autorizado. El Proyecto no afectará las áreas de donación, las áreas verdes, el corredor biológico, ni las áreas de amortiguamiento; por lo que no fragmentará el ecosistema ni generará aislamiento de las poblaciones de forma adicional o diferente a lo ya evaluado para el proyecto autorizado Ciudad Mayakoba, del que forma parte.
CG-06	En el desarrollo de los proyectos se debe realizar el aprovechamiento integral de los recursos naturales existentes en el predio, por lo que será obligatorio realizar la recuperación de tierra vegetal en las superficies que se desmonten, así como el triturado y composteo de la madera resultante del desmonte que se autorice. Los materiales obtenidos no podrán ser comercializados –salvo autorización expresa de la autoridad correspondiente-, sino aprovechados en el mejoramiento de áreas verdes, de equipamiento o de donación.	El Proyecto da cabal cumplimiento a este criterio. Se realizará la recuperación de la tierra vegetal y el triturado de la vegetación resultante del desmonte. En ningún momento se comercializarán productos o subproductos derivados del desmonte. En su caso, se utilizarán para el mejoramiento de las áreas verdes del Proyecto.
CG-07	Los proyectos que generen aguas residuales (grises, negras, azules o jabonosas) deberán disponerlas a través de un sistema de tratamiento de aguas residuales propio que cumpla con la normatividad vigente aplicable. La descripción del sistema de tratamiento deberá incorporarse en el estudio de impacto ambiental aplicable al proyecto. Sólo se permitirá la reutilización de las aguas residuales tratadas cuándo éstas cumplan con la normatividad ambiental vigente.	La Promovente, con el objetivo de cumplir con el criterio, manifiesta que ha previsto que la descarga de aguas residuales se realice mediante la captación de las mismas en el Proyecto, las cuales se conducirán hacia el sistema de drenaje de la Comisión de Agua Potable y Alcantarillado. El agua será conducida a través de tubería subterránea y cárcamos o depósitos de bombeo. Durante las fases de preparación del sitio y construcción se prevé la generación de aguas residuales derivadas de los servicios sanitarios instalados en el Proyecto, mismas que serán retiradas de la obra por la empresa autorizada y contratada para la prestación de los servicios sanitarios para su manejo y disposición final.
CG-08	En cualquier obra deberá estar separada la canalización del drenaje pluvial del drenaje sanitario.	La Promovente dará cumplimiento a este criterio basado en lo señalado en el proyecto autorizado Ciudad Mayakoba el cual cuenta con el oficio resolutivo SGPA/DGIRA/DG/04219 de fecha 19 de junio del 2013, y que contempla ubicar en plazas y caminos un sistema de drenaje pluvial, adaptado a la forma de escurrimiento natural del Proyecto, el agua colectada mediante el sistema señalado, será conducida hacia pozos de absorción con sistemas de decantación, trampas de grasas y sólidos además de una filtración arenosa.
CG- 09	La canalización del drenaje pluvial hacia el mar o cuerpos de agua superficiales o pozos de absorción, podrá realizarse previa filtración de sus aguas con sistemas	El Proyecto contempla la construcción de pozos de absorción, para el drenaje pluvial (ver Capítulo 2 y anexo cartográfico), por lo que solicitará la aprobación

Criterios Ecológicos de Aplicación General		
Criterio	**Descripción del criterio**	**Vinculación del proyecto**
	de decantación, trampas de grasas y sólidos u otros que garanticen la retención de sedimentos o contaminantes y deberá ser aprobada por la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA).	correspondiente a la CONAGUA, con la finalidad de dar cumplimiento al presente criterio.
CG-10	Los materiales calizos y los recursos naturales que se utilicen durante la construcción de un proyecto deberán provenir de fuentes o bancos de material autorizados.	El material utilizado para la construcción de las diferentes obras que forman parte del Proyecto, así como de todos aquellos materiales que se requieran para el buen funcionamiento del Proyecto serán adquiridos a proveedores de materiales que estén autorizados para realizar sus actividades comerciales de manera formal.
CG-11	En el manejo de áreas verdes, campos, canchas, pistas, viveros, plantaciones o sembradíos y para el control de pestes y plagas, sólo se permite el uso de sustancias autorizadas por la Comisión Intersecretarial para el Control del Proceso y Uso de Plaguicidas, Fertilizantes y Sustancias Tóxicas (CICOPLAFEST).	En caso de emplear insumos agrícolas para el control de plagas o fertilización de plantas en las áreas verdes del Proyecto se procurará el uso de sustancias autorizadas por la Comisión Intersecretarial para el Control del Proceso y Uso de Plaguicidas, Fertilizantes y Sustancias Tóxicas (CICOPLAFEST), tal y como lo marca la presente medida.
CG-12	Los proyectos que se realicen fuera de los centros de población, en predios mayores a 5 hectáreas, deberán llevar a cabo un monitoreo del desempeño ambiental del proyecto, el cual deberá sustentarse en un estudio técnico o programa en el que se establezcan los indicadores de calidad ambiental que permitan identificar la eficacia de las medidas sobre los principales componentes de la biota, así como los métodos, técnicas que permitan medir tales indicadores y los tiempos y mecanismos para la interpretación de los resultados. Este estudio deberá acompañar al estudio de impacto ambiental aplicable al proyecto. El promovente deberá entregar copia de los reportes a la SEDUMA para su inclusión en la Bitácora Ambiental.	El predio localizado dentro del proyecto Ciudad Mayakoba, en los cuales se realizarán las obras que en conjunto forman el Proyecto, están identificado con el número 13 y 32, perteneciente a la Unidad de Gestión Ambiental número 14, denominada Reserva Urbana Norte-Sur de Playa del Carmen, por lo que no se encuentra fuera de centros de población y por ello este criterio no le es aplicable.
CG-13	Los residuos derivados de las obras no se dispondrán sobre la vegetación remanente dentro del predio, ni sobre la vegetación circundante, debiéndose trasladar al sitio de disposición final de residuos de manejo especial que establezca el municipio o el estado.	Los residuos pétreos y materia orgánica generados en el desmonte de la vegetación, serán dispuestos en áreas sin cobertura vegetal, en el vivero y para la nivelación del terreno.
CG-14	Está prohibida la introducción de especies de flora o fauna exóticas o invasoras incluidas en los listados de la CONABIO, en áreas naturales, cavernas y cuerpos de agua superficiales o subterráneos. La introducción y manejo de especies exóticas sólo se permite en áreas modificadas previa autorización de la	Se dará cumplimiento a esta disposición ya que no se incorporarán especies exóticas invasoras en las áreas verdes del Proyecto. Además de que se dará preferencia a la utilización de especies nativas.

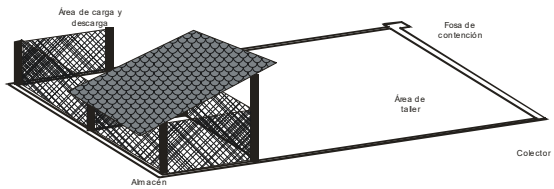
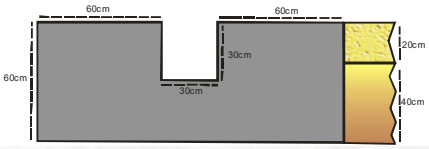
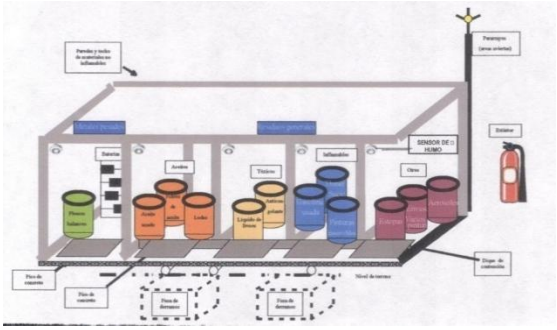
Criterios Ecológicos de Aplicación General		
Criterio	**Descripción del criterio**	**Vinculación del proyecto**
	SEMARNAT o la SAGARPA. Se excluye de esta restricción las especies de plantas ornamentales tropicalizadas de uso común en la zona Norte de Quintana Roo que se destinen a la conformación de áreas verdes o jardines.	
CG-15	Los promoventes que pretendan llevar a cabo obras o actividades en zonas que se constituyan como sitios de anidación o reproducción de una o más especies de fauna incluida en la Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2001, deberán implementar acciones que aseguren la disponibilidad de sitios de anidación y reproducción de tales especies. Estas acciones deberán estar sustentadas en un plan de manejo de acuerdo con la Ley General de Vida Silvestre, que deberá acompañar al manifiesto de impacto ambiental o al informe preventivo aplicable al proyecto. Las acciones deberán obtener de manera previa a su inicio la autorización correspondiente.	El Proyecto implementará las acciones aplicables de acuerdo con las obras y actividades que contempla, para la prevención, mitigación y compensación de impactos ambientales contenidas en el SMGA del Proyecto, mismas que se encuentran alienadas al SMGA del proyecto autorizado Ciudad Mayakoba, que incluye al Subprograma de Conservación de Especies, el cual establece medidas preventivas para proteger a los individuos de fauna silvestre presentes en el área de aprovechamiento. Asimismo, el SMGA también incluye al Programa de Supervisión y Vigilancia Ambiental, que supervisa las medidas de prevención y mitigación de los impactos ambientales. El SMGA de Ciudad Mayakoba, fue autorizado por la DGIRA en el marco del cumplimiento a la condicionante 1 y 2 del oficio resolutivo SGPA/DGIRA/DG/04219, por lo que el Proyecto da cumplimiento a lo establecido en este criterio.
CG-16	Los campamentos para trabajadores de la construcción deberán ser dignos para la vida humana, contar con servicios sanitarios, agua potable, un reglamento para el manejo de residuos sólidos, así como una estrategia de protección civil para atender las alertas por fenómenos hidrometeorológicos. La proporción de servicios sanitarios será de al menos 1 por cada 25 trabajadores.	Se hace del conocimiento de la autoridad revisora que la Promovente durante el periodo de construcción de las obras correspondientes al Proyecto no tiene considerado un campamento donde puedan pernoctar los trabajadores de la obra, pero sí se tiene considerado que las actividades laborales de los empleados se realicen en condiciones propias para la vida humana, dando cabal cumplimiento a las normas que en materia de trabajo y previsión social sean aplicables. Asimismo, se establecerán comedores para los empleados. Las obras temporales tales como bodegas de almacenamiento, talleres, servicios sanitarios, patios de estacionamiento para vehículos del personal, vehículos pesados y de maquinaria pesada propia para la construcción se establecerán en áreas que posteriormente ocuparán las obras del Proyecto, garantizando la no afectación de áreas destinadas a la conservación de vegetación. Durante las etapas de preparación y construcción el Proyecto implementará las medidas contenidas en el Programa de Manejo Integral de Residuos del SMGA del Proyecto, que se encuentran alienadas al SMGA del proyecto autorizado Ciudad Mayakoba, mediante lo cual se asegurará el adecuado manejo de los mismos.

Criterios Ecológicos de Aplicación General		
Criterio	**Descripción del criterio**	**Vinculación del proyecto**
		La solicitante tiene considerado implementar las medidas establecidas en el Programa de Prevención y Atención a Contingencias Ambientales del SMGA del Proyecto, las que se encuentran alineadas al SMGA del proyecto autorizado Ciudad Mayakoba, de tal forma que se da cumplimiento a este criterio. En caso de que el Proyecto requiera la instalación de un campamento para trabajadores, éste cumplirá con los requisitos establecidos en éste y los demás criterios relativos.
CG-17	El uso del fuego estará condicionado a lo establecido en la Norma Oficial Mexicana NOM015-SEMARNAP/SAGAR-1997.	No se usará fuego en ninguna de las etapas que conforman el Proyecto.
CG-18	Los proyectos que se realicen fuera de los centros de población, en predios mayores a 5 hectáreas, durante las etapas de preparación del sitio y construcción, deberán presentar de manera semestral a la SEDUMA para su inclusión en la Bitácora Ambiental, un plano georreferenciado (UTM, Datum WGS-84, Zona 16Q) de las áreas aprovechadas dentro del predio, en donde se especifiquen los tipos de vegetación afectados y su superficie.	El predio localizado dentro del proyecto Ciudad Mayakoba en el cual se realizarán las obras que en conjunto forman el Proyecto, está identificado con el número 13 y 32, perteneciente a la Unidad de Gestión Ambiental número 14, denominada Reserva Urbana Norte-Sur de Playa del Carmen. Aunado a lo anterior, el Proyecto se encuentra inserto en el Plan Parcial de Desarrollo Urbano El Jesusito, por lo que no se encuentran fuera de centros de población y por ello este criterio no le es aplicable.
CG-19	Para la apertura de caminos de acceso y vialidades de cualquier tipo fuera de los centros de población se requiere contar con la autorización en materia de impacto ambiental, así como de la autorización de cambio de uso del suelo que por excepción emite la autoridad federal correspondiente.	El Proyecto no incluye la apertura de caminos de acceso ni vialidades fuera de los centros de población por lo que este criterio no le es aplicable.
CG-20	El establecimiento de viviendas o unidades de hospedaje de cualquier tipo, deberá ubicarse a una distancia mayor a 1,000 metros medidos a partir del pozo de extracción de agua potable de la red pública para abasto urbano más cercano.	Se cumple con la distancia establecida en este criterio.
CG-21	En el desarrollo u operación de cualquier tipo de proyecto se debe evitar el derrame al suelo o cuerpos de agua de combustibles, lubricantes, grasas, aceites, pinturas u otras sustancias potencialmente contaminantes. De igual manera, se deberá evitar la disposición inadecuada de materiales impregnados con estas sustancias o de sus recipientes. En este sentido el promovente deberá manifestar el tipo de sustancias potencialmente contaminantes que empleará en las distintas etapas del proyecto, así como las medidas de prevención, mitigación y, en su caso, corrección, que aplicará en cada	El Proyecto establecerá las medidas indicadas en el Programa Integral de Manejo de Residuos contenido en el SMGA del Proyecto, las que se encuentran alineadas al SMGA del proyecto autorizado Ciudad Mayakoba, el cual incluye el manejo y disposición temporal adecuados de las sustancias potencialmente contaminantes para evitar que se derramen en el suelo o en cuerpos de agua. Durante las diversas etapas del Proyecto se prevé la generación de residuos peligrosos mismos que se identificarán de conformidad con su clasificación de corrosión, reactividad, explosión, toxico e inflamable (C.R.E.T.I.) teniendo de manera inmediata identificado usar: thiner, pinturas, esmalte, y estopas

Criterios Ecológicos de Aplicación General		
Criterio	**Descripción del criterio**	**Vinculación del proyecto**
	etapa. Para el almacenamiento de este tipo de sustancias o sus residuos se deberá contar con un almacén que cumpla con las especificaciones establecidas en la normatividad aplicable y se deberá llevar el registro de su manejo en la bitácora del almacén.	impregnadas con estas sustancias, así mismo se generarán residuos de aceite industrial utilizado en el área de mantenimiento de equipos menores. Para estos casos, los envases de los residuos peligrosos y los materiales impregnados por los mismos, serán plenamente identificados en cuanto su peligrosidad de conformidad con el C.R.E.T.I. y almacenados en contenedores plásticos dentro de un gabinete de concreto cerrado y en completo aislamiento del entorno. Para cumplir con este criterio, la Promovente estará apegada a lo señalado en los artículos 15, 16, 17, 71 y 82 del Reglamento de la Ley General Para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos para realizar el almacén temporal de residuos peligrosos y de manera paralela se implementará el manejo de una bitácora que registre las entradas y salidas de los residuos peligrosos hasta obtener los certificados emitidos por empresa autorizada de la disposición final de dichos residuos. Estas actividades serán realizadas por un especialista en la materia con conocimiento en el manejo y control de este tipo de residuos.
CG-22	El uso de explosivos, estará regulado por los lineamientos de la Secretaría de Defensa Nacional y la normatividad aplicable. Previamente a la utilización de explosivos deberá entregarse a la autoridad competente en materia de protección civil, el cronograma de detonaciones y el programa de protección civil correspondiente que deberá estar disponible al público en general.	Este criterio no es aplicable a la Promovente, a razón de que el Proyecto no contempla la realización de algún tipo de obra o actividad cuyas características requieran el uso de explosivos.
CG-23	Todos los proyectos que en cualquiera de sus etapas de desarrollo generen residuos peligrosos deberán contar con un almacén de residuos peligrosos y disponerlos a través de una empresa autorizada en el manejo de los mismos, conforme a la legislación y normatividad ambiental aplicable en la materia.	Como se ha manifestado en el Criterio General Número 21 referente al manejo de residuos peligrosos, para dar cumplimiento estricto al criterio que nos interesa, la promovente implementará un estricto control para el manejo de los residuos considerados por la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos, así como su respectivo Reglamento, como peligrosos; además se contratará a una persona con amplio conocimiento en seguridad salud y protección ambiental y entre otras funciones se designará como la encargada para el control, manejo y disposición final de los residuos que se generen tal como como se ha demostrado en la vinculación legal insertada en el cuerpo del presente capitulo. El almacén temporal de los residuos sólidos y líquidos con características de peligrosidad según el análisis C.R.E.T.I. se ubicará en donde se reduzcan los riesgos por posibles emisiones de fugas, incendios,

Criterios Ecológicos de Aplicación General		
Criterio	**Descripción del criterio**	**Vinculación del proyecto**
		explosiones e inundaciones y contará con paredes y techo de materiales no inflamables, con ventilación, muros de contención, fosas de retención, canaletas o trincheras para contener lixiviados, sistemas de extinción y señalización suficiente, así como con material e infraestructura de recuperación de combustible y de sustancias para el caso de derrames. Asimismo, como parte del equipo necesario para la implementación del Proyecto se contará con barreras, toallas o esponjas oleofílicas. En el caso de derrames de residuos peligrosos en el suelo, se deberá contar con salchichas, colchonetas o polvos absorbentes y películas de liners para colocar residuos peligrosos. Las medidas de prevención, supervisión y mitigación se encuentran definidas en el Programa de Manejo Integral de Residuos y serán supervisadas por el Programa de Supervisión y Vigilancia Ambiental dentro del marco del SMGA del Proyecto, mismo que se encuentra alineado al SMGA del proyecto autorizado Ciudad Mayakoba, dando cumplimiento al presente criterio. Para evitar el riesgo de contaminación al ambiente derivado de la generación de estos residuos (peligrosos), el proyecto considera la implementación de diversas medidas que se realizarán como parte del Programa de Manejo Integral de Residuos. Las acciones que contiene este programa están centradas en la prevención y el manejo adecuado de estos materiales y desechos. El PMIR plantea que, para el manejo adecuado y confinamiento temporal de los residuos líquidos y sólidos peligrosos, se destinará un espacio que funcione como almacén. Con ello se dará cumplimiento a las especificaciones establecidas en el Artículo 82 del Reglamento de la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de Residuos, mismo que se transcribe a continuación: Artículo 82.- Las áreas de almacenamiento de residuos peligrosos de pequeños y grandes generadores, así como de prestadores de servicios deberán cumplir con las condiciones siguientes, además de las que establezcan las normas oficiales mexicanas para algún tipo de residuo en particular: I. Condiciones básicas para las áreas de almacenamiento: a) Estar separadas de las áreas de producción, servicios, oficinas y de almacenamiento de materias primas o productos terminados; b) Estar ubicadas en zonas donde se reduzcan los riesgos por posibles emisiones, fugas, incendios, explosiones e inundaciones;

Criterios Ecológicos de Aplicación General		
Criterio	**Descripción del criterio**	**Vinculación del proyecto**
		c) Contar con dispositivos para contener posibles derrames, tales como muros, pretiles de contención o fosas de retención para la captación de los residuos en estado líquido o de los lixiviados; d) Cuando se almacenan residuos líquidos, se deberá contar en sus pisos con pendientes y, en su caso, con trincheras o canaletas que conduzcan los derrames a las fosas de retención con capacidad para contener una quinta parte como mínimo de los residuos almacenados o del volumen del recipiente de mayor tamaño; e) Contar con pasillos que permitan el tránsito de equipos mecánicos, eléctricos o manuales, así como el movimiento de grupos de seguridad y bomberos, en casos de emergencia; f) Contar con sistemas de extinción de incendios y equipos de seguridad para atención de emergencias, acordes con el tipo y la cantidad de los residuos peligrosos almacenados; g) Contar con señalamientos y letreros alusivos a la peligrosidad de los residuos peligrosos almacenados, en lugares y formas visibles; h) El almacenamiento debe realizarse en recipientes identificados considerando las características de peligrosidad de los residuos, así como su incompatibilidad, previniendo fugas, derrames, emisiones, explosiones e incendios, y i) La altura máxima de las estibas será de tres tambores en forma vertical. II. Condiciones para el almacenamiento en áreas cerradas, además de las precisadas en la fracción I de este artículo: a) No deben existir conexiones con drenajes en el piso, válvulas de drenaje, juntas de expansión, albañales o cualquier otro tipo de apertura que pudieran permitir que los líquidos fluyan fuera del área protegida; b) Las paredes deben estar construidas con materiales no inflamables; c) Contar con ventilación natural o forzada. En los casos de ventilación forzada, debe tener una capacidad de recepción de por lo menos seis cambios de aire por hora; d) Estar cubiertas y protegidas de la intemperie y, en su caso, contar con ventilación suficiente para evitar acumulación de vapores peligrosos y con iluminación a prueba de explosión, y e) No rebasar la capacidad instalada del almacén. III. Condiciones para el almacenamiento en áreas abiertas, además de las precisadas en la fracción I de este artículo: a) Estar localizadas en sitios cuya altura sea, como mínimo, el resultado de aplicar un factor de

Criterios Ecológicos de Aplicación General		
Criterio	**Descripción del criterio**	**Vinculación del proyecto**
		seguridad de 1.5; al nivel de agua alcanzado en la mayor tormenta registrada en la zona, b) Los pisos deben ser lisos y de material impermeable en la zona donde se guarden los residuos, y de material antiderrapante en los pasillos. Estos deben ser resistentes a los residuos peligrosos almacenados; c) En los casos de áreas abiertas no techadas, no deberán almacenarse residuos peligrosos a granel, cuando éstos produzcan lixiviados, y En los casos de áreas no techadas, los residuos peligrosos deben estar cubiertos con algún material impermeable para evitar su dispersión por viento. En caso de incompatibilidad de los residuos peligrosos se deberán tomar las medidas necesarias para evitar que se mezclen entre sí o con otros materiales. En resumen, el almacén de residuos peligrosos deberá contar con paredes y techo de materiales no inflamables, con ventilación, muros de contención, fosas de retención, canaletas o trincheras, sistemas de extinción y señalización suficiente. En la siguiente figura se muestra un par de esquemas generales de un almacén de residuos peligrosos. Modelo de almacén para residuos peligrosos Distribución de las áreas de confinamiento temporal, carga y descarga y taller  Perfil lateral del colector   Los residuos peligrosos generados durante las diferentes etapas del Proyecto deberán manejarse de diferente manera según sus características particulares, en apego a lo establecido en la siguiente tabla.

<table>
<tr><th colspan="3">Criterios Ecológicos de Aplicación General</th></tr>
<tr><th>Criterio</th><th>Descripción del criterio</th><th>Vinculación del proyecto</th></tr>
<tr><td></td><td></td><td>Lineamientos para el manejo de los diferentes tipos de residuos peligrosos
<table>
<tr><th>Tipo de residuo</th><th>Manejo</th><th>Disposición final</th></tr>
<tr><td>Thiner</td><td rowspan="3">Los envases de los residuos peligrosos deberán almacenarse en contenedores plásticos dentro de un gabinete de concreto cerrado y separado de las áreas vulnerables dentro de las embarcaciones o en el área de maniobras.</td><td rowspan="3">Serán depositados en bolsas separadas y entregadas a una compañía externa autorizada para su manejo y disposición final.</td></tr>
<tr><td>Pinturas y esmaltes</td></tr>
<tr><td>Estopas impregnadas con residuos</td></tr>
<tr><td>Aceite industrial</td><td>El aceite industrial utilizado se depositará en un recipiente metálico o plástico de alta densidad de tamaño adecuado para el área o embarcación en la que será colocado.</td><td>Será entregado a una compañía externa con autorización para su manejo y disposición final.</td></tr>
<tr><td>Pilas alcalinas</td><td>Se colocarán en contendores especiales para tal efecto en las embarcaciones y en el área de maniobras.</td><td>Se entregarán a una empresa autorizada en su manejo y disposición final</td></tr>
</table>
Se realizará un registro sistemático en bitácora, para cada entrada y salida del almacén de los residuos peligrosos, durante el periodo comprendido de enero a diciembre de cada año. Tal como lo prevé la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos (LGPGIR) (Artículo 47) y su Reglamento (Artículo 71). Las bitácoras se conservarán al menos cinco años (Artículo 75) y contendrán la siguiente información:</td></tr>
</table>

Criterios Ecológicos de Aplicación General		
Criterio	**Descripción del criterio**	**Vinculación del proyecto**
		a) Nombre del residuo. b) Características de peligrosidad. c) Área o proceso donde se generó. d) Fechas de ingreso y salida del almacén temporal de residuos peligrosos. e) Señalamiento de la fase de manejo siguiente a la salida del almacén, área de resguardo o transferencia señalada en el inciso anterior. f) Nombre, denominación o razón social y número de autorización del prestador de servicios a quien en su caso se encomiende el manejo de dichos residuos. g) Nombre del responsable de la bitácora. Los residuos peligrosos y de manejo especial generados que serán acopiados temporalmente, serán recolectados y trasladados periódicamente al lugar de disposición final por una empresa autorizada por la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), la cual deberá de atender lo establecido en el Artículo 85 del Reglamento de la LGPGIR. Asimismo, como parte del equipo necesario para la implementación del proyecto se contará con barreras, toallas o esponjas oleofílicas. En el caso de derrames de residuos peligrosos en el suelo, se deberá contar con salchichas, colchonetas o polvos absorbentes y películas de linners para colocar residuos peligrosos. Las medidas de prevención, supervisión y mitigación se encuentran definidas en el Programa de Manejo Integral de Residuos y serán supervisadas por el Programa de Vigilancia Ambiental del proyecto.
CG-24	Para los fines de aplicación de este instrumento, en particular para la definición de competencias para la evaluación en materia de impacto ambiental, la zona costera o ecosistema costero del Municipio Solidaridad fuera de los centros de población está delimitada entre la zona federal marítimo terrestre y la carretera federal 307. El territorio localizado al poniente de la carretera federal 307 se considera zona continental.	Se vincula de manera posterior para facilitar la lectura
CG-25	La superficie que se permite ocupar en un predio será el área de aprovechamiento máxima permitida para el desplante de las obras provisionales o definitivas proyectadas, incluyendo obras de urbanización (red de abasto de agua potable, red de alcantarillado sanitario, planta de tratamiento de aguas residuales o fosas sépticas, red de electrificación y alumbrado, obras viales interiores, estacionamientos y las que se requieran	El Proyecto se ajusta a la superficie de aprovechamiento establecida por el PPDU-J. Como parte de las superficies de aprovechamiento del Proyecto, no se contabiliza y/o suma los senderos, brechas o andadores a las áreas naturales del lote donde se realizarán las obras de equipamiento. El proyecto autorizado Ciudad Mayakoba determinó la zonificación de cada uno de sus componentes con base en los resultados de los estudios ambientales

Criterios Ecológicos de Aplicación General		
Criterio	**Descripción del criterio**	**Vinculación del proyecto**
	para la incorporación del proyecto a la red vial), las obras o edificaciones de que conste el proyecto, así como los jardines, áreas públicas, albercas y áreas verdes. La superficie restante deberá mantenerse en condiciones naturales siendo responsabilidad del propietario su preservación y protección. No se contabilizan los senderos, brechas o andadores peatonales al interior de las áreas naturales que se conserven dentro del predio y que sirvan para intercomunicar las diferentes áreas de instalaciones o servicios dentro del proyecto. Las áreas previamente desmontadas o sin vegetación dentro del predio podrán formar parte del área de aprovechamiento permitida y deben considerarse en primer lugar para el desplante de las obras que se proyecten. Cuando por motivo del diseño y funcionalidad de un proyecto no resulte conveniente el uso de las áreas previamente desmontadas, podrá solicitarse el aprovechamiento de otras áreas siempre que el promovente se obligue a reforestar las áreas afectadas que no utilizará, situación que deberá realizar de manera previa a la etapa de operación del proyecto. Cuando el área afectada dentro del predio sea mayor al área de aprovechamiento máxima permitida en el mismo, el propietario deberá implementar medidas tendientes a la restauración ambiental de la superficie excedente de manera previa a la conclusión de la etapa de construcción. Dichas medidas deberán sustentarse en un estudio técnico o programa de restauración que deberá acompañar al manifiesto de impacto ambiental o al informe preventivo aplicable al proyecto. Las actividades de restauración ambiental deberán obtener de manera previa a su inicio la autorización correspondiente.	realizados con ocasión de la planificación del proyecto, así como de la caracterización de la vegetación. El Proyecto no cuenta con áreas previamente desmontadas o sin vegetación, por lo que estas no pueden ser consideras para el desplante de las obras que se proyectan. El Proyecto no cuenta con áreas afectadas, por lo que esto no aplica al Proyecto. La Promovente en la ejecución del Proyecto tiene contemplado ocupar para su aprovechamiento las superficies máximas permitidas para su desmonte.
CG-26	Para el aprovechamiento de predios, cuerpos de agua o cavernas en los que se detecten vestigios arqueológicos, deberá obtenerse de manera previa al inicio de obras la autorización del Instituto Nacional	Dentro del Proyecto no se identifican las formaciones descritas en este criterio, sin embargo, previo a la etapa de construcción se realizará un estudio de mecánica de suelo, en donde, en caso de identificar estos elementos, se realizarán los ajustes en diseño

Criterios Ecológicos de Aplicación General		
Criterio	**Descripción del criterio**	**Vinculación del proyecto**
	de Antropología e Historia (INAH). Si el hallazgo arqueológico se realiza durante el desarrollo del proyecto se deberá informar de manera inmediata al INAH.	del Proyecto con el fin de respetar las restricciones establecidas en este criterio y cumplir con el mismo, dando aviso a la autoridad correspondiente. Asimismo, no se han detectado vestigios arqueológicos al interior del Proyecto, sin embargo, si durante el desarrollo de las diferentes etapas del Proyecto se llegase a descubrir algún vestigio arqueológico, se dará aviso inmediato al INAH para dar cumplimiento a lo establecido en este criterio.
CG-27	Las obras de infraestructura o equipamiento regional de interés público sólo se permiten con la aprobación del H. Cabildo de Solidaridad y/u otras autoridades competentes, previa autorización en materia de impacto ambiental y de cambio de uso del suelo de terrenos forestales.	El desarrollo del Proyecto no es de interés público, a pesar de aportar diversos beneficios a la comunidad a la que pertenece. Debido a lo anterior, no será necesaria la aprobación del H. Cabildo de Solidaridad y demás autoridades previa autorización en materia de impacto ambiental.
CG-28	Para el aprovechamiento o uso de especies vegetales o animales silvestres o nativas, partes de ellas o subproductos de los mismos, así como de los recursos forestales, se requiere que estos productos provengan de UMA's o Productores Forestales autorizados y den cumplimiento a lo establecido en la normatividad aplicable.	No aplica este criterio, no se realizará ningún tipo de aprovechamiento de especies de flora o fauna silvestre.
CG-29	Con la finalidad de garantizar la estabilidad de las edificaciones, así como evitar el desplome o alumbramiento innecesario del acuífero o la afectación de estructuras y sistemas cársticos, los promoventes deberán realizar de manera previa al inicio de obras un estudio de mecánica de suelos avalado por un laboratorio acreditado ante la Entidad Mexicana de Acreditación.	Un estudio pertinente será realizado en los sitios donde serán edificadas las estructuras de las obras previstas en el Proyecto.
CG-30	Los promoventes deberán implementar un programa de información y capacitación ambiental para los trabajadores que viven en los campamentos de construcción, que los ilustre sobre las especies de flora y fauna que cuentan con protección especial, para evitar su depredación.	La Promovente, aun cuando no tiene contemplado establecer campamento para los trabajadores, para dar cumplimiento a este criterio llevará a cabo la implementación de las medidas establecidas en el Programa de Conservación y Manejo de Ecosistemas y Especies del SMGA del Proyecto, el cual a través del Subprograma de Educación Ambiental trasmitirá al personal de obra la información necesaria para proteger a la flora y la fauna de la región.
CG-31	En caso que se autorice la ejecución de obras o construcciones sobre cavernas, secas o inundadas, deberá realizarse programa de monitoreo de la misma, el cual deberá acompañar al manifiesto de impacto ambiental, para su aprobación y, en su caso, implementación.	Dentro del Proyecto no se identifican las formaciones descritas en este criterio, sin embargo, previo a la etapa de construcción se realizará un estudio de mecánica de suelo, en donde, en caso de identificar estos elementos, se realizarán los ajustes en diseño del Proyecto con el fin de respetar las restricciones establecidas en este criterio y cumplir con el mismo, dando aviso a la autoridad correspondiente.

Criterios Ecológicos de Aplicación General		
Criterio	**Descripción del criterio**	**Vinculación del proyecto**
CG-32	En predios en los que existan manglares deberá cumplirse lo establecido en la Ley General de Vida Silvestre y las Normas Oficiales Mexicanas aplicables.	Este criterio no aplica. Ya que en el Proyecto no se registra comunidad de manglar y tampoco colinda con este tipo de vegetación.
CG-33	Para la práctica de actividades autorizadas al interior de cavernas o cenotes, únicamente se permite el uso de luz amarilla o roja, la cual solamente se encenderá durante la estancia de los usuarios.	Dentro del Proyecto no se identifican las formaciones descritas en este criterio, sin embargo, previo a la etapa de construcción se realizará un estudio de mecánica de suelo, en donde, en caso de identificar estos elementos, se realizarán los ajustes en diseño del Proyecto con el fin de respetar las restricciones establecidas en este criterio y cumplir con el mismo, dando aviso a la autoridad correspondiente.
CG-34	Se prohíbe la disposición de aguas residuales, con o sin tratamiento, en cenotes, cuevas inundadas o cuevas secas.	La Promovente no tiene contemplado disponer en cenotes, cuevas inundadas o cuevas secas de las aguas residuales generadas durante cualquier etapa de desarrollo del Proyecto. Las aguas residuales generadas durante la etapa de operación serán canalizadas a la red general de la Comisión del Agua Potable y Alcantarillado. Las aguas residuales generadas durante la etapa de construcción serán dispuestas por medio de una empresa autorizadas para dar el servicio.
CG-35	En los términos que establece la Ley para la Gestión Integral de Residuos del Estado de Quintana Roo, los promoventes deberán aplicar el Plan de Manejo de residuos correspondiente durante las distintas etapas de desarrollo y operación de las obras o actividades que se le autoricen.	El Proyecto implementará todas las acciones aplicables para la prevención, mitigación y compensación de impactos ambientales contenidas en el Programa de Manejo Integral de Residuos dentro del SMGA del Proyecto, las que se encuentran alineadas al SMGA del proyecto autorizado Ciudad Mayakoba, el cual fue aprobado por la DGIRA en el marco del cumplimiento a la condicionante 1 y 2 del oficio resolutivo SGPA/DGIRA/DG/04219. Dicho programa de manejo se apega a lo establecido en la Ley para la Gestión Integral de Residuos del Estado de Quintana Roo, por lo que se le da cumplimiento a este criterio.
CG-36	En el caso de fraccionamientos que se desarrollen fuera de los centros urbanos, el área de aprovechamiento máxima del predio o lote será la que establece la Ley de Fraccionamientos del Estado de Quintana Roo. La superficie remanente deberá mantenerse en condiciones naturales.	El Proyecto pertenece a la Unidad de Gestión Ambiental número 14, denominada Reserva Urbana Norte-Sur de Playa del Carmen, por lo que no se encuentra fuera de centros urbanos y por ello este criterio no le es aplicable.

Tabla 3. 22. Vinculación del Proyecto con los criterios de regulación ecológica de aplicación para las áreas urbanas del Programa de Ordenamiento Ecológico Local del Municipio de Solidaridad.

Criterios de Regulación Ecológica de Aplicación para las Áreas Urbanas		
Criterio	**Descripción del criterio**	**Vinculación del proyecto**
CU-01	Las actividades, obras y proyectos que se pretendan desarrollar dentro del área municipal, deberán dar cabal cumplimiento a lo establecido en el marco normativo ambiental vigente, considerando de manera enunciativa pero no limitativa, Tratados Internacionales suscritos por México, Leyes Generales, Leyes Estatales, Normas Oficiales Mexicanas, Reglamentos Federales, Estatales y Municipales, Declaratorias y Decretos, Planes y Programas de Manejo aplicables en materia ambiental, urbana, manejo de residuos, protección de flora y fauna y emisión de contaminantes, uso y goce de la Zona Federal Marítimo Terrestre; por lo que no se describen como criterios las obligaciones, límites máximos permisibles o cualquier otro parámetro establecido por estos instrumentos de carácter obligatorio.	La Promovente sabe de los alcances del presente criterio, por lo que en todo momento se apegará a la legislación ambiental vigente para dar cumplimiento.
CU-02	Antes del inicio de cualquier obra o actividad se deberá ejecutar el rescate selectivo de vegetación en el área de aprovechamiento proyectada. La selección de las especies, el número de individuos por especie a rescatar y la densidad mínima de rescate, los métodos y técnicas aplicables, así como el monitoreo del programa se determinarán y propondrán en un estudio técnico o programa que deberá acompañar al estudio de impacto ambiental aplicable al proyecto. Las actividades de rescate de vegetación deberán obtener de manera previa a su inicio la autorización correspondiente.	Previo a las actividades de desmonte y despalme se llevará a cabo el rescate de flora, las técnicas y especificaciones se establecen en la propuesta de Subprograma de Conservación de Especies que atenderá a las acciones definidas en el Capítulo 7 de este DTU-BP.
CU-03	Previo al inicio de cualquier obra o actividad de cada proyecto se deberán ejecutar medidas preventivas orientadas a la protección de los individuos de fauna silvestre presentes en el área de aprovechamiento proyectada. La selección de los métodos y técnicas a aplicar se determinará con base en un estudio técnico o programa que deberá acompañar al estudio de impacto ambiental aplicable al proyecto. Las medidas deberán obtener de manera previa a su inicio la autorización correspondiente.	Previo a las actividades de desmonte y despalme se llevará a cabo el rescate de fauna, las técnicas y especificaciones se establecen en la propuesta de Subprograma de Conservación de Especies que atenderá a las acciones definidas en el Capítulo 7 de este DTU-BP.
CU-04	Los proyectos de cualquier índole deberán incorporar a sus áreas verdes vegetación nativa propia del ecosistema en el cual se realice el proyecto. Únicamente se permite el empleo de flora exótica que no esté incluida en el listado de flora exótica invasiva de la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso	La Promovente dará cabal cumplimiento a este criterio.

Criterios de Regulación Ecológica de Aplicación para las Áreas Urbanas		
Criterio	**Descripción del criterio**	**Vinculación del proyecto**
	de la Biodiversidad (CONABIO). La selección de especies a incluir en las áreas verdes, así como el diseño de jardines deberá sustentarse en un programa de arborización y ajardinado que deberá acompañar al estudio de impacto ambiental aplicable al proyecto. Se deberá emplear una proporción de 4 a 1 entre plantas de especies nativas y especies ornamentales, excluyendo los pastos.	
CU-05	Para el desplante de cualquier obra o instalación se deberán utilizar preferentemente las áreas perturbadas por usos previos o con vegetación secundaria o acahual.	El desarrollo de las obras del Proyecto se apega a la zonificación establecida en los instrumentos de ordenamiento urbano aplicables, por lo que se da cumplimiento a este criterio.
CU-06	En el desarrollo de los proyectos se debe realizar el aprovechamiento integral de los recursos naturales existentes en el predio, por lo que será obligatorio realizar la recuperación de tierra vegetal en las superficies que se desmonten, así como el triturado y composteo de la madera resultante del desmonte que se autorice. Los materiales obtenidos no podrán ser comercializados –salvo autorización expresa de la autoridad correspondiente-, sino aprovechados en el mejoramiento de áreas verdes, de equipamiento o de donación.	La Promovente dará cabal cumplimiento a este criterio mediante la implementación de medidas para la conservación de suelos en el que se realizará la recuperación de tierra vegetal en las superficies de desmonte, así como el triturado y composteo de la madera. En ningún momento se comercializarán productos o subproductos derivados del desmonte. En su caso, se utilizarán para el mejoramiento de las áreas verdes del Proyecto.
CU-07	En cualquier obra deberá estar separada la canalización del drenaje pluvial del drenaje sanitario.	El Proyecto contempla para su desarrollo la instalación de drenaje sanitario independiente del sistema de drenaje pluvial, entendiéndose que las aguas residuales generadas por el Proyecto serán dirigidas a la red interna del macroproyecto Ciudad Mayakoba para la descarga de las aguas residuales. Esta red interna entrega las aguas residuales captadas al sistema operador CAPA, y de ahí, bajo la responsabilidad de dicho operador se envía a la planta de tratamiento de aguas residuales.
CU-08	La canalización del drenaje pluvial hacia el mar o cuerpos de agua superficiales o pozos de absorción, podrá realizarse previa filtración de sus aguas con sistemas de decantación, trampas de grasas y sólidos u otros que garanticen la retención de sedimentos o contaminantes y deberá ser aprobada por la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA), de conformidad con la normatividad aplicable.	Tal y como se describe en el Capítulo 2 de este DTU-BP, el Proyecto contará con un sistema de drenaje pluvial para la filtración del agua de lluvia. Se realizará la perforación de los pozos de absorción por medios mecánicos y se construirá un registro de captación a base de muros de block, piso de grava y rejilla metálica tipo Irving. Su estructura evitará el arrastre de residuos y lixiviados al subsuelo.
CU-09	Los materiales calizos y los recursos naturales que se utilicen durante la construcción de un proyecto deberán provenir de fuentes o bancos de material autorizados.	El material o los materiales que serán utilizados para la construcción de las diferentes obras que forman parte del Proyecto, así como de todos aquellos materiales que se requieran para el buen funcionamiento del Proyecto serán adquiridos a proveedores de materiales que estén autorizados para realizar sus actividades comerciales de manera formal.

Criterios de Regulación Ecológica de Aplicación para las Áreas Urbanas		
Criterio	**Descripción del criterio**	**Vinculación del proyecto**
CU-10	En el manejo de áreas verdes, campos, canchas, pistas, viveros, plantaciones, sembradíos, y para el control de pestes y plagas, sólo se permite el uso de sustancias autorizadas por la Comisión Intersecretarial para el Control del Proceso y Uso de Plaguicidas, Fertilizantes y Sustancias Tóxicas (CICOPLAFEST).	El Proyecto se compromete al uso preferente de especies vegetales nativas y propias de la región en las áreas verdes y jardines, lo que disminuirá la necesidad del uso de agroquímicos; sin embargo, en caso de que se requieran solo se utilizarán productos autorizados por la Comisión Intersecretarial para el Control del Proceso y Uso de Plaguicidas, Fertilizantes y Sustancias Tóxicas (CICOPLAFEST).
CU-11	Los residuos derivados de las obras no se dispondrán sobre la vegetación remanente dentro del predio, ni sobre la vegetación circundante, debiéndose trasladar al sitio de disposición final de residuos de manejo especial que establezca el municipio o el estado.	El Proyecto se apegará a las medidas establecidas en el Programa de Manejo Integral de Residuos del SMGA descrito en el Capítulo 7, entre las cuales se encuentran las siguientes: Como resultado de las actividades de despalme y limpieza del área a trabajar se prevé la generación de residuos orgánicos los cuales serán triturados y trasladados a áreas de acopio designadas, de tal modo que puedan ser reintegradas a las áreas verdes del mismo como abono, con lo cual se acredita el buen manejo de estos residuos. Durante la etapa de construcción se tiene considerado que los residuos sólidos serán colocados de manera separada en botes rotulados especialmente destinados para almacenarlos de manera temporal. Los residuos sólidos reciclables serán canalizados a empresas adecuadas para ello, mientras que los no reciclables serán llevados al relleno sanitario o donde la autoridad ambiental indique, por medio de empresas debidamente autorizadas para su transporte y disposición final. En relación a los residuos líquidos durante la etapa de construcción estos serán generados por la instalación de los servicios sanitarios para los trabajadores de la obra en términos del criterio urbano número doce. No se omite manifestar a la autoridad revisora que se realizará un control especial mediante bitácora para la disposición final de los residuos generados por los sanitarios y que dichos servicios serán contratados con empresa con autorizaciones necesarias vigentes, para que pueda otorgar los certificados de disposición final correspondiente.

Criterios de Regulación Ecológica de Aplicación para las Áreas Urbanas		
Criterio	**Descripción del criterio**	**Vinculación del proyecto**
		En ninguna etapa de la ejecución del Proyecto se dispondrá de los residuos derivados de las obras sobre la vegetación remanente del predio, ni sobre la vegetación circundante.
CU-12	Los campamentos para trabajadores de la construcción deberán ser dignos para la vida humana, contar con servicios sanitarios, agua potable, un reglamento para el manejo de residuos sólidos, así como una estrategia de protección civil para atender las alertas por fenómenos hidrometeorológicos. La proporción de servicios sanitarios será de al menos 1 por cada 25 trabajadores.	Se hace del conocimiento de la autoridad revisora que la Promovente durante el periodo de construcción de las obras correspondientes al Proyecto no tiene considerado un campamento donde puedan pernoctar los trabajadores de la obra, pero sí se tiene considerado que las actividades laborales de los empleados se realicen en condiciones propias para la vida humana, dando cabal cumplimiento a las normas que en materia de trabajo y previsión social sean aplicables. Asimismo, se establecerán comedores para los empleados. Las obras temporales tales como bodegas de almacenamiento, talleres, servicios sanitarios, patios de estacionamiento para vehículos del personal, vehículos pesados y de maquinaria pesada propia para la construcción se establecerán en áreas que posteriormente ocuparán las obras del Proyecto, garantizando la no afectación de áreas destinadas a la conservación de vegetación. Durante las etapas de preparación y construcción el Proyecto implementará las medidas contenidas en el Programa de Manejo Integral de Residuos del SMGA del Proyecto, las que se encuentran alienadas al SMGA del proyecto autorizado Ciudad Mayakoba, mediante lo cual se asegurará del adecuado manejo de los mismos. La solicitante tiene considerado implementar las medidas establecidas en el Programa de Prevención y Atención a Contingencias Ambientales del SMGA del Proyecto, que se encuentran alineadas al SMGA del proyecto autorizado Ciudad Mayakoba, de tal forma que se da cumplimiento a este criterio. En caso de que el Proyecto requiera la instalación de un campamento para trabajadores, éste cumplirá con los requisitos establecidos en éste y los demás criterios relativos.

Criterios de Regulación Ecológica de Aplicación para las Áreas Urbanas		
Criterio	**Descripción del criterio**	**Vinculación del proyecto**
CU-13	En ningún caso se permite el uso del fuego para el desmonte de predios urbanos o suburbanos, ni para la disposición de residuos sólidos en áreas abiertas.	No se prevé el uso de fuego en las actividades durante el desarrollo del Proyecto
CU-14	Todos los proyectos que en cualquiera de sus etapas de desarrollo generen residuos peligrosos deberán contar con un almacén de residuos peligrosos y disponerlos a través de una empresa autorizada en el manejo de los mismos, conforme a la legislación y normatividad ambiental aplicable en la materia.	Como se ha manifestado en el Criterio General Número 21 referente al manejo de residuos peligrosos, para dar cumplimiento estricto al criterio que nos interesa, la promovente implementará un estricto control para el manejo de los residuos considerados por la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos, así como su respectivo Reglamento, como peligrosos; además se contratará a una persona con amplio conocimiento en seguridad salud y protección ambiental y entre otras funciones se designará como la encargada para el control, manejo y disposición final de los residuos que se generen tal como como se ha demostrado en la vinculación legal insertada en el cuerpo del presente capitulo. El almacén temporal de los residuos sólidos y líquidos con características de peligrosidad según el análisis C.R.E.T.I., se ubicará en donde se reduzcan los riesgos por posibles emisiones de fugas, incendios, explosiones e inundaciones y contará con paredes y techo de materiales no inflamables, con ventilación, muros de contención, fosas de retención, canaletas o trincheras para contener lixiviados, sistemas de extinción y señalización suficiente, así como con material e infraestructura de recuperación de combustible y de sustancias para el caso de derrames. Asimismo, como parte del equipo necesario para la implementación del Proyecto se contará con barreras, toallas o esponjas oleofílicas. En el caso de derrames de residuos peligrosos en el suelo, se deberá contar con salchichas, colchonetas o polvos absorbentes y películas de liners para colocar residuos peligrosos. Las medidas de prevención, mitigación y supervisión se encuentran definidas en el Programa de Manejo Integral de Residuos y serán supervisadas por el Programa de Supervisión y Vigilancia Ambiental dentro del marco del SMGA del Proyecto, el que se encuentra alineado al SMGA del proyecto autorizado Ciudad Mayakoba, dando cumplimiento al presente criterio.

Criterios de Regulación Ecológica de Aplicación para las Áreas Urbanas		
Criterio	**Descripción del criterio**	**Vinculación del proyecto**
CU-15	En los términos que establece la Ley para la Gestión Integral de Residuos del Estado de Quintana Roo, los promoventes deberán aplicar el Plan de Manejo de residuos correspondiente durante las distintas etapas de desarrollo y operación de las obras o actividades que se le autoricen.	En cumplimiento a este requerimiento, se indica que el Proyecto considera la implementación de un Programa de Manejo Integral de Residuos cuyas acciones se definen en el Capítulo 7 de este DTU-BP. Este programa dará estricto cumplimiento a lo establecido en la Ley para la Gestión Integral de Residuos del Estado de Quintana Roo y demás legislación aplicable.
CU-16	Para los fines de aplicación de este instrumento, en particular para la definición de competencias para la evaluación en materia de impacto ambiental, la zona costera o ecosistema costero del Municipio Solidaridad al interior de los centros de población con programa de desarrollo urbano decretado incluye únicamente a los predios colindantes con la zona federal marítimo terrestre.	No obstante, vale la pena señalar que, tal y como se expone en la vinculación realizada para el Artículo 3, de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, el proyecto Ciudad Mayakoba, incluyendo la porción donde se ubica el Proyecto, fue evaluada y autorizada en materia de impacto ambiental como un ecosistema costero debido a su SAR. En dicha autorización se indicó que todos los proyectos que fueran a ser desarrollados bajo la esfera de tal autorización, debían ser sujetados a evaluación de impacto ambiental ante la misma emisora
CU-17	Para el aprovechamiento de predios, cuerpos de agua o cavernas en los que se detecten vestigios arqueológicos, deberá obtenerse de manera previa al inicio de obras la autorización del Instituto Nacional de Antropología e Historia (INAH). Si el hallazgo arqueológico se realiza durante el desarrollo del proyecto se deberá informar de manera inmediata al INAH.	Dentro del Proyecto no se identifican las formaciones descritas en este criterio, sin embargo, previo a la etapa de construcción se realizará un estudio de mecánica de suelo, en donde, en caso de identificar estos elementos, se realizarán los ajustes en diseño del Proyecto con el fin de respetar las restricciones establecidas en este criterio y cumplir con el mismo, dando aviso a la autoridad correspondiente. Asimismo, no se han detectado vestigios arqueológicos al interior del predio del Proyecto, sin embargo, si durante el desarrollo de las diferentes etapas del Proyecto se llegase a descubrir algún vestigio arqueológico, se dará aviso inmediato al INAH para dar cumplimiento a lo establecido en este criterio.
CU-18	Las reservas territoriales destinadas a aprovechamiento urbano y las áreas de preservación ecológica establecidas en el programa de desarrollo urbano deberán mantener su cobertura vegetal original mientras no se incorporen al desarrollo y se autorice su aprovechamiento por las autoridades competentes.	El Proyecto se encuentra dentro un centro de población, inmerso dentro de diversos instrumentos de planeación y desarrollo urbano, por lo que se pretende incorporar al desarrollo de la zona. Sin embargo, mientras el Proyecto no sea autorizado, el predio seguirá conservando su cobertura vegetal natural.
CU-19	El desarrollo de proyectos en las áreas de reserva urbana se realizará de acuerdo con la programación prevista en el plan o programa director de desarrollo urbano que le corresponda.	El Proyecto cumple con este criterio al apegarse fielmente a lo establecido en el Plan o Programa de Desarrollo Urbano aplicable, en este caso, el Programa Parcial de Desarrollo Urbano El Jesusito.
CU-20	Alrededor de los cenotes y accesos a cuevas se deberá mantener una franja perimetral de	En el Proyecto, no existen cenotes ni cuevas, por lo que este criterio no aplica.

Criterios de Regulación Ecológica de Aplicación para las Áreas Urbanas		
Criterio	**Descripción del criterio**	**Vinculación del proyecto**
	protección constituida por vegetación natural, con una anchura equivalente a la anchura máxima del espejo de agua. En esta franja sólo se permitirá el aclareo de hasta el 10 % de su cobertura y la remoción de árboles jóvenes de hasta 10 cm de diámetro, siempre y cuando la autoridad competente por excepción otorgue el cambio de uso de suelo en esta superficie.	
CU-21	En el aprovechamiento de los cuerpos de agua continentales (cenotes, cuevas inundadas o lagunas) y otras formaciones cársticas (cuevas secas, rejolladas o chuntunes) sólo se permite el establecimiento de estructuras ligeras y de tipo temporal fuera del cuerpo de agua o estructura cárstica y de la franja de protección.	El Proyecto no pretende el aprovechamiento de cuerpos de aguas continentales, ni ninguna otra formación cárstica, por lo que este criterio no le es aplicable.
CU-22	Las aguas residuales deberán canalizarse hacia las plantas de tratamiento de aguas residuales operadas por la Comisión de Agua Potable y Alcantarillado o el organismo operador autorizado por esta instancia. En el caso de que no existan plantas de tratamiento que puedan atender la demanda del proyecto, el promovente deberá instalar una planta que cumpla con las condiciones establecidas en la normatividad vigente en materia de aguas residuales tratadas.	El Proyecto se conectará a la red interna del macroproyecto Ciudad Mayakoba para la descarga de las aguas residuales. Esta red interna entrega las aguas residuales captadas al sistema operador CAPA, y de ahí, bajo la responsabilidad de dicho operador se envía a la planta de tratamiento de aguas residuales.
CU-23	El manejo y disposición final de los lodos y otros residuos generados en el tratamiento de las aguas residuales es responsabilidad del propietario del sistema de tratamiento que los genere, quien deberá presentar un reporte semestral ante la autoridad correspondiente, turnando una copia a la SEDUMA para la inclusión de los resultados en la Bitácora Ambiental, que indique el volumen de agua tratado, tipo y características de los lodos y otros residuos generados, tratamiento aplicado a los lodos, resultados del análisis CRETIB y sitio o forma de disposición final.	El Proyecto se conectará a la red interna del macroproyecto Ciudad Mayakoba para la descarga de las aguas residuales. Esta red interna entrega las aguas residuales captadas al sistema operador CAPA, y de ahí, bajo la responsabilidad de dicho operador se envía a la planta de tratamiento de aguas residuales.
CU-24	En las áreas de aprovechamiento proyectadas se deberá mantener en pie la vegetación arbórea y palmas de la vegetación original que por diseño del proyecto coincidan con las áreas destinadas a camellones, parques, jardines, áreas verdes, áreas de donación o áreas de equipamiento, de tal forma que estos individuos se integren al proyecto.	La Promovente contempla la conservación de la vegetación arbórea, incluyendo palmas, en las áreas de aprovechamiento que coincidan con camellones o jardineras para dar cumplimiento a este criterio.
CU-25	La superficie de aprovechamiento de un predio, así como sus coeficientes de uso (CUS) y ocupación del suelo (COS), estarán en función de lo que determine el programa o plan de desarrollo urbano vigente que le aplique. Sólo se permite el desmonte de la superficie que	Como se ha mencionada anteriormente, debido a que el Proyecto se encuentra inmerso en el macroproyecto Ciudad Mayakoba, este atenderá lo establecido en el Plan Parcial de Desarrollo Urbano El Jesusito, apegándose a los parámetros autorizados en materia de

Criterios de Regulación Ecológica de Aplicación para las Áreas Urbanas		
Criterio	**Descripción del criterio**	**Vinculación del proyecto**
	resulte de multiplicar el Coeficiente de Modificación del Suelo por la superficie total del predio, para lo cual deberá obtener de manera previa la autorización por excepción del cambio de uso del suelo en terrenos forestales y las autorizaciones estatales y municipales respectivas. Será obligatorio mantener la superficie remanente con la vegetación original. En el caso que la superficie remanente se encuentre afectada o que carezca de vegetación, el promovente deberá procurar su restauración o reforestación.	impacto ambiental mediante los oficios resolutivos SGPA/DGIRA/DG/03246 de fecha 12 de mayo de 2016, SGPA/DGIRA/DG/09500 de fecha 07 de diciembre de 2018 y SGPA/DGIRA/DG/04903 de fecha 15 de octubre de 2020 del proyecto Ciudad Mayakoba. De esta forma, el presente Proyecto cumple con lo establecido en este criterio ya que no rebasa las superficies de aprovechamiento asignadas en el ordenamiento específico aplicable y da cumplimiento a los coeficientes de uso (CUS) y de ocupación del suelo (COS).
CU-26	Para el aprovechamiento o uso de especies vegetales o animales silvestres o nativas, partes de ellas o subproductos de los mismos, así como de los recursos forestales, se requiere que estos productos provengan de UMA's o Productores Forestales autorizados y den cumplimiento a lo establecido en la normatividad aplicable.	No se hará ningún aprovechamiento o uso de especies ni partes de individuos de flora ni fauna silvestre nativas. De igual manera no se contempla la compra de especies vegetales para la reforestación de las áreas, pero en caso de requerirse se verificará que estos provengan de lugares autorizados
CU-27	Se deberán mantener en pie e integrar al diseño del proyecto los árboles con diámetro normal (1.30 cm del suelo) igual o mayor a 40 cm. Para evitar daño a las raíces deberá establecerse un radio de protección de 5 m alrededor del tronco del árbol.	La Promovente dará cabal cumplimiento a este criterio.
CU-28	Se permite la instalación temporal de plantas de premezclado, dosificadoras o similares dentro del área de desmonte permitida en el interior de predios para abastecer al proyecto, únicamente durante su construcción. Debiendo ser retiradas una vez que se concluya la construcción del mismo. El área ocupada por la planta deberá integrarse al proyecto.	La autoridad revisora debe de tener en consideración que la realización del Proyecto no tiene planeado dentro del predio realizar instalación temporal de plantas de premezclado, dosificadoras o similares.
CU-29	Las plantas de premezclado, dosificadoras o similares deberán contar con un programa de cumplimiento ambiental autorizado por la SEDUMA para la regulación de emisiones a la atmósfera, ruido y generación de residuos peligrosos, que dé cumplimiento a la normatividad vigente. Este programa se deberá presentar junto con la manifestación de impacto ambiental de la planta.	La Promovente manifiesta en términos similares a los señalados en el criterio inmediato anterior que el Proyecto no tiene contemplado instalar dentro del predio donde se realizará el Proyecto plantas de premezclado, dosificadoras o similares. Motivos por los cuales el presente criterio no es aplicable a la Promovente.
CU-30	Se deberá instalar una malla perimetral para reducir la emisión de polvos hacia el exterior de las áreas de trabajo y reducir el impacto visual.	La Promovente para estar en condiciones de dar cumplimiento al presente criterio, instalará una malla en el perímetro de las áreas de aprovechamiento que reducirá la emisión de polvos y partículas hacia el exterior de las áreas de trabajo, así como el impacto visual de las obras en construcción.

Criterios de Regulación Ecológica de Aplicación para las Áreas Urbanas		
Criterio	**Descripción del criterio**	**Vinculación del proyecto**
CU-31	Durante el transporte de materiales pétreos éstos deberán humedecerse y cubrirse con una lona antidispersante, la que se debe sujetarse adecuadamente y encontrarse en buen estado, con objeto de minimizar la dispersión de partículas de polvo.	El Promovente señala que durante todas las etapas de construcción relacionadas con el Proyecto y para las cuales se requiera el transporte de materiales del sitio donde serán entregados hasta el predio donde serán descargados estos serán humedecidos y cubiertos con una lona lo suficientemente amplia para evitar que los materiales transportados sean dispersados durante el trayecto correspondiente. Las mismas medidas se aplicarán en los puntos de acopio de materiales pétreos dentro de las áreas de aprovechamiento del Proyecto.
CU-32	En predios urbanos en los que existan manglares, deberá cumplirse lo establecido en la Ley General de Vida Silvestre y las Normas Oficiales Mexicanas aplicables.	Este criterio no aplica. En el Proyecto no se distribuye vegetación de tipo manglar.
CU-33	En el desarrollo u operación de cualquier tipo de proyecto se debe evitar el derrame al suelo o cuerpos de agua de combustibles, lubricantes, grasas, aceites, pinturas u otras sustancias potencialmente contaminantes. De igual manera, se deberá evitar la disposición inadecuada de materiales impregnados con estas sustancias o de sus recipientes. En este sentido el promovente deberá manifestar el tipo de sustancias potencialmente contaminantes que se empleará en las distintas etapas del proyecto, así como las medidas de prevención, mitigación y, en su caso corrección, que aplicará. Para el almacenamiento de este tipo de sustancias se deberá contar con un almacén que cumpla con las especificaciones establecidas en la normatividad aplicable y se deberá llevar el registro de su manejo en la bitácora del almacén.	La promovente manifiesta que durante el tiempo que duren las diversas etapas del Proyecto se prevé la generación de residuos peligrosos como thiner, pinturas, esmalte, y estopas impregnadas con estas sustancias, así mismo se generarán residuos de aceite industrial utilizado en el área de mantenimiento de equipo, diésel, gasolinas, estopas impregnadas con estos materiales peligrosos que serán almacenados en contenedores que se ubicaran en un almacén temporal de residuos peligroso que se encontrará aislado del entorno. Como parte del SMGA se implementará un Programa de Manejo Integral de Residuos durante todas las etapas de desarrollo del Proyecto, cuyas acciones se describen en el Capítulo 7 de este DTU-BP.

Tabla 3. 23. Vinculación del Proyecto con los criterios de regulación ecológica de carácter específico del Programa de Ordenamiento Ecológico Local del Municipio de Solidaridad.

Criterios de Regulación Ecológica de Carácter Específico		
Criterio	**Descripción del criterio**	**Vinculación del proyecto**
CE-23	Se permite el uso urbano con una densidad bruta de hasta 40 viviendas por hectárea, de conformidad con la normatividad aplicable en la materia.	Como se establece en el Artículo 20 BIS 4 de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, los programas de ordenamiento local regulan los usos de suelo fuera de los centros de población. Debido a que el Proyecto se encuentra inmerso en el macroproyecto Ciudad Mayakoba, este atenderá los parámetros establecidos en el Plan Parcial de Desarrollo Urbano El Jesusito, apegándose a los parámetros autorizados en materia de impacto ambiental mediante los oficios resolutivos SGPA/DGIRA/DG/03246 de fecha 12 de mayo de 2016, SGPA/DGIRA/DG/09500 de fecha 07 de diciembre de 2018 y SGPA/DGIRA/DG/04903 de fecha 15 de octubre de 2020 del proyecto Ciudad Mayakoba.
CE-24	La incorporación como nuevas áreas urbanas a los centros de población estará sujeta a la elaboración de los instrumentos de planeación urbana establecidos en la Ley de Asentamientos Humanos del Estado de Quintana Roo.	Como se establece en el Artículo 20 BIS 4 de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, los programas de ordenamiento local regulan los usos de suelo fuera de los centros de población. Debido a que el Proyecto se encuentra inmerso en el macroproyecto Ciudad Mayakoba, este atenderá los parámetros establecidos en el Plan Parcial de Desarrollo Urbano El Jesusito, apegándose a los parámetros autorizados en materia de impacto ambiental mediante los oficios resolutivos SGPA/DGIRA/DG/03246 de fecha 12 de mayo de 2016, SGPA/DGIRA/DG/09500 de fecha 07 de diciembre de 2018 y SGPA/DGIRA/DG/04903 de fecha 15 de octubre de 2020 del proyecto Ciudad Mayakoba.
CE-26	La superficie máxima de aprovechamiento no podrá exceder del 40 % del predio en donde se realizará el desplante de las edificaciones, obra exterior, circulaciones, áreas verdes y cualquier otra obra o servicio relativo al uso permitido. La superficie restante deberá mantenerse en condiciones naturales.	Como se establece en el Artículo 20 BIS 4 de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, los programas de ordenamiento local regulan los usos de suelo fuera de los centros de población. Debido a que el Proyecto se encuentra inmerso en el macroproyecto Ciudad Mayakoba, este atenderá los parámetros establecidos en los instrumentos de desarrollo urbano aplicables, respetando los parámetros establecidos por el Plan Parcial de Desarrollo Urbano El Jesusito.

Criterios de Regulación Ecológica de Carácter Específico		
Criterio	**Descripción del criterio**	**Vinculación del proyecto**
CE-29	La superficie máxima de aprovechamiento no podrá exceder del 15% del predio en donde realizará el desplante de las edificaciones, obra exterior, circulaciones, áreas verdes y cualquier otra obra o servicio relativo al uso permitido. La superficie restante deberá mantenerse en condiciones naturales.	No aplica. El criterio corresponde a proyectos con uso ecoturístico, mientras que el presente desarrollo se encuentra destinado a uso habitacional y comercial urbano, conforme al Plan Parcial de Desarrollo Urbano “El Jesusito” y los oficios resolutivos de impacto ambiental del macroproyecto Ciudad Mayakoba.
CE-39	Si un predio está dividido en dos o más UGA, la superficie máxima de aprovechamiento de cada porción será la que se establezca para cada uso y unidad. La superficie máxima de aprovechamiento no es acumulativa entre usos o unidades de gestión.	No se unificarán superficies de aprovechamiento entre UGA, debido a que el Proyecto únicamente se ubica dentro de la UGA 14.
CE-52	Se deberán establecer letrinas secas composteras o fosas sépticas prefabricadas para la disposición y tratamiento primario y secundario de las aguas residuales. El efluente de la fosa séptica deberá cumplir lo establecido en la normatividad vigente, la disposición final del efluente se podrá realizar mediante humedales artificiales que sean impermeables y no permitan la infiltración al suelo y subsuelo.	El Proyecto no contempla utilizar los elementos descritos en este criterio, por lo que este no aplica.

Criterios de Regulación Ecológica de Carácter Específico		
Criterio	**Descripción del criterio**	**Vinculación del proyecto**
CE-54	El manejo y disposición final de los lodos y otros residuos generados en el tratamiento de las aguas residuales es responsabilidad del propietario del sistema de tratamiento que los genere, quien deberá presentar un reporte semestral ante la autoridad correspondiente, turnando una copia a la SEDUMA para la inclusión de los resultados en la Bitácora Ambiental, que indique el volumen de agua tratado, tipo y características de los lodos y otros residuos generados, tratamiento aplicado a los lodos, resultados del análisis CRETIB y sitio o forma de disposición final.	El Proyecto tiene previsto que la descarga de aguas residuales que será generada por las obras se realizará mediante la captación de las mismas llevándose por redes de tuberías que conducirá las aguas a la red general de la Comisión de Agua Potable y Alcantarillado a través de cárcamos o depósitos de bombeo; la red de drenaje será totalmente subterránea bajo los viales principales del desarrollo. De esta forma, es importante destacar que, CAPA tiene como objetivo asegurar y garantizar a la población tanto el suministro del agua, así como de la recolección y el saneamiento de las aguas residuales. En este sentido y de conformidad a lo establecido en la Ley de Agua Potable y Alcantarillado del Estado de Quintana Roo, es atribución de la CAPA planear, construir, rehabilitar, ampliar, operar, conservar y mejorar los sistemas de agua potable, agua desalada, alcantarillado y tratamiento y reúso de aguas residuales en los términos de las leyes estatales y federales relativas; así como realizar los estudios y proyectos que sean necesarios para el cumplimiento de lo establecido en la fracción anterior y para controlar la contaminación del agua, en coordinación con las autoridades competentes.
CE-80	Previo al aclareo que se permite en la franja perimetral de protección de los cenotes y accesos a cuevas se deberá realizar el rescate de los árboles con diámetros menores o iguales a 10 cm de diámetro a la altura de 1.30 m, mismos que se estabilizarán en un vivero provisional y posteriormente se reintroducirán dentro de la franja de protección.	Dentro de los estudios al Proyecto no se identificaron cenotes o accesos a cuevas, sin embargo, previo a la etapa de construcción, se realizará un estudio de mecánica de suelo, en donde, en caso de identificar estos elementos, se realizarán los ajustes en diseño del Proyecto con el fin de respetar las restricciones establecidas en este criterio y cumplir con el mismo, además de que se dará aviso a la autoridad pertinente.

Criterios de Regulación Ecológica de Carácter Específico		
Criterio	**Descripción del criterio**	**Vinculación del proyecto**
CE-85	En las áreas de aprovechamiento proyectadas, se deberá mantener en pie la vegetación arbórea y palmas de la vegetación original que por diseño del proyecto coincidan con las áreas destinadas a camellones, parques, áreas verdes, jardines, áreas de donación o áreas de equipamiento, de tal forma que estos individuos se integren al proyecto.	En el diseño del Proyecto se ha considerado la conservación in situ de ejemplares arbóreos y palmas nativas en las zonas destinadas a áreas verdes, camellones, parques y áreas de donación. En los casos en que la vegetación existente no interfiera con las obras, ésta será integrada al diseño paisajístico, contribuyendo a mantener la cobertura vegetal y la estructura natural del sitio, conforme al Subprograma de Conservación de Especies del SMGA.
CE-86	Cuando en las áreas que se mantendrán con cubierta vegetal original dentro de los predios, existan áreas afectadas o con vegetación escasa o dominada por estratos herbáceo o arbustivo, se deberá realizar un programa de reforestación con especies nativas que considere por lo menos 1,500 árboles o palmas por hectárea. Se deberá establecer un monitoreo permanente de las áreas reforestadas para valorar la eficiencia de las acciones emprendidas. La selección de las especies y el número de individuos por especie a reforestar se determinará con base en un programa que deberá acompañar al estudio de impacto ambiental aplicable al proyecto.	La Promovente para dar cumplimiento al criterio que nos ocupa alega que en la ejecución del Proyecto solo se tiene contemplado ocupar para su aprovechamiento las superficies máximas permitidas. Sin embargo, ya que conservará en pie la vegetación natural en las áreas destinadas a jardineras y áreas verdes, en caso de que algunas de estas presenten vegetación escasa o secundaria, ésta será enriquecida con especies nativas de porte arbóreo. Las especies seleccionadas y su método de trasplante y cuidados estarán acorde a lo establecido en la propuesta de Subprograma de Conservación de Especies, que forma parte del SMGA del Proyecto, mismo que se encuentra alineado con el SMGA del proyecto autorizado Ciudad Mayakoba (Capítulo 7).
CE-95	En los predios en los que exista vegetación exótica o invasora deberá llevarse a cabo un programa de erradicación de dichas especies.	El Proyecto implementará todas las medidas aplicables establecidas en el Subprograma de Conservación de Especies que forma parte del Programa de Conservación y Manejo de Ecosistemas y Especies, dentro del SMGA del Proyecto, el cual incluye el control de especies nocivas y/o exóticas en caso de que fueran detectadas dentro del Proyecto.
CE-100	Alrededor de los cenotes y accesos a cuevas se deberá mantener una franja perimetral de protección constituida por vegetación natural, con una anchura equivalente a la anchura máxima del espejo de agua. En esta franja sólo se permitirá el aclareo de hasta el 10 % de su cobertura y la remoción de árboles jóvenes de hasta 10 cm de diámetro, siempre y cuando la autoridad competente por excepción otorgue el cambio de uso de suelo en esta superficie.	Dentro del Proyecto no se identifican las formaciones descritas en este criterio, sin embargo, previo a la etapa de construcción se realizará un estudio de mecánica de suelo, en donde, en caso de identificar estos elementos, se realizarán los ajustes en diseño del Proyecto con el fin de respetar la franja perimetral descrita en este criterio con el fin cumplir con el mismo, dando aviso a la autoridad correspondiente.

CE-116	La superficie máxima de aprovechamiento para el uso urbano no podrá exceder de los límites establecidos en la ley de fraccionamientos del estado de Quintana Roo, en donde se realizará el desplante de las edificaciones, obra exterior, circulaciones, áreas verdes y cualquier otra obra o servicio relativo al uso permitido. La superficie restante deberá mantenerse en condiciones naturales.	Conforme al DECRETO NÚMERO 194, publicado en 16 de agosto de 2018 en el Periódico Oficial del Estado de Quintana Roo, "POR EL QUE SE EXPIDE LA LEY DE ASENTAMIENTOS HUMANOS, ORDENAMIENTO TERRITORIAL Y DESARROLLO URBANO DEL ESTADO DE QUINTANA ROO; SE EXPIDE LA LEY DE ACCIONES URBANÍSTICAS DEL ESTADO DE QUINTANA ROO; SE REFORMAN Y ADICIONAN DIVERSAS DISPOSICIONES DE LA LEY DE VIVIENDA DEL ESTADO DE QUINTANA ROO; SE REFORMAN LOS ARTÍCULOS 16, 24, 34 PÁRRAFO SEGUNDO Y SE ADICIONA UN ÚLTIMO PÁRRAFO AL ARTÍCULO 184 TER, TODOS DE LA LEY DE EQUILIBRIO ECOLÓGICO Y LA PROTECCIÓN DEL AMBIENTE DEL ESTADO DE QUINTANA ROO, SE REFORMAN LOS PÁRRAFOS SEGUNDO Y TERCERO Y SE ADICIONA UN CUARTO PÁRRAFO AL ARTÍCULO 4 DE LA LEY DE PROPIEDAD DE CONDOMINIO DE INMUEBLES DEL ESTADO DE QUINTANA ROO; Y SE REFORMA EL ARTÍCULO SEGUNDO DE LA LEY DE EXPROPIACIÓN DEL ESTADO DE QUINTANA ROO"; **se abrogó la Ley de Fraccionamientos del Estado de Quintana Roo, de conformidad con el artículo TRANSITORIO TERCERO**. En este sentido, en atención al criterio establecido en el POEL que nos ocupa, primero se identificó el artículo de la Ley ahora abrogada que establecía los parámetros. Posteriormente, se buscó el artículo de la Ley de Acciones Urbanísticas del Estado de Quintana Roo (LAU QRRO) que sea homólogo o establezca regulaciones similares. Bajo tal tesitura, el artículo 23 de la LAU QROO establece las medidas mínimas para los lotes y unidades de aprovechamiento habitacional. En este sentido, el Proyecto atiende dichos lineamientos como se presenta a continuación: 1. La superficie de construcción de cada unidad de vivienda será de 163 m^2 y 168 m^2, superior a los 45 m^2 establecidos por la LAU QROO. 2. Las unidades habitacionales serán colindantes con áreas verdes y de conservación, por lo que al menos 20% del

Criterios de Regulación Ecológica de Carácter Específico		
Criterio	**Descripción del criterio**	**Vinculación del proyecto**
		perímetro tendrá vista hacia espacio abierto. 3. El Proyecto se ajustará a las normas oficiales mexicanas de inclusión y el derecho de las personas con discapacidad o movilidad reducida, así como las de protección civil aplicables. 4. Los espacios abiertos se ajustan a las disposiciones de zonificación establecidas en el Programa Parcial de Desarrollo Urbano "El Jesusito", y que representan el 25% de la superficie del Proyecto, además de las áreas verdes que corresponden con el 16.28% de la superficie del Proyecto, cabe señalar que el Proyecto considera que en ambas superficies se lleven a cabo labores de forestación y reforestación.

- **Criterio CG-24**

El criterio ecológico de aplicación general CG-24 del Programa de Ordenamiento Ecológico Local del Municipio de Solidaridad establece: "*Para los fines de aplicación de este instrumento, en particular para la definición de competencias para la evaluación en materia de impacto ambiental, la zona costera o ecosistema costero del Municipio Solidaridad fuera de los centros de población está delimitada entre la zona federal marítimo terrestre y la carretera federal 307. El territorio localizado al poniente de la carretera federal 307 se considera zona continental*". A continuación, se presenta la vinculación del Proyecto respecto este criterio.

Vinculación

El Proyecto pretende desarrollarse al interior del Plan Maestro de un macroproyecto autorizado en materia de impacto ambiental, que se encuentra en la zona continental de acuerdo con lo definido en el criterio CG-24, ya que se localiza al poniente de la carretera federal 307. No obstante, vale la pena señalar que, cuando la emisión de la autorización de impacto ambiental (AIA) en 2013, que aprobó el proyecto, entre otras condicionantes, estableció que los proyectos que fueran a ser desarrollados bajo la esfera de tal autorización, debían ser sujetados a evaluación de impacto ambiental ante la misma emisora, por dos razones fundamentales, a saber; 1. Se encontraban dentro del mismo Sistema Ambiental Regional de ecosistema costero y 2; ya se había evaluado tal sistema y por ende, sólo tendría que verificar el cumplimiento de los parámetros determinados en la AIA originaria, lo que, teóricamente, mantendría el objeto, carga sobre los servicios y prestaciones ambientales caracterizadas en su momento y vamos, esa era la norma jurídica interpretada y aplicada.

Respecto al entorno ambiental, se observa que el Proyecto y su SA, están dentro del ecosistema costero[7], ya que se ubica dentro de la franja de los 100 km de la línea de costa tierra-adentro,

[7] Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente. Artículo 3. *Para los efectos de esta Ley se entiende por:*
[…]

además, es importante señalar que el ecosistema mantiene sus rasgos costeros, sustentado por los estudios geohidrológicos que confirman la presencia de corrientes y flujos freáticos que aportan nutrientes minerales a los ecosistemas litorales, altamente dependientes de los acuíferos subterráneos. En consecuencia, se debe garantizar la preservación de las funciones ambientales del SA en la zona frente a la costa.

Con relación al escenario urbanístico, sí se ha modificado el entorno, por lo que es necesario que los proyectos incluidos en el SA, sean evaluados por la autoridad que valoró y prospectó los efectos e impactos generalizados y particularizados, de tal manera que su evaluación no se constriñera al revisar y cuantificar los parámetros urbanos, puesto que ya preexiste una relación ex lege entre la autorizante y la promovente.

Finalmente, con relación al entorno jurídico que envuelve al proyecto, es importante considerar lo siguiente:

Las autorizaciones que otorgan las autoridades a los particulares son una especie de *cuasi-contratos*, si entendemos a éstos como los acuerdos de voluntad entre una o más partes que establecen las obligaciones y derechos entre éstas.

La otra componente es que los tiempos o plazos en que se dan, así como las obligaciones jurídicas que se adquieren, subsisten a partir de dicha relación supra a subordinación adquirida mediante la resolución respectiva (AIA).

La evaluación de impacto ambiental como tal es un proceso que inicia a partir de la presentación de una solicitud acompañada de una manifestación de impacto ambiental o documento técnico unificado, cumpliendo con las exigencias reglamentarias y formalidades correlacionadas, es decir, el acto jurídico es la petición que inicia el proceso.

1. El proceso termina con un resolutivo (en este caso, el oficio **SGPA/DGIRA/DG/04219**) que sabemos, puede aprobar, condicionar o negar la petición, y de tales resultados derivarse otros actos jurídicos.

Que, en este caso, en los considerandos 1 y 2 del oficio resolutivo No. SGPA/DGIRA/DG/04219, de fecha 19 de junio del 2013, la Dirección General de Impacto y Riesgo Ambiental (Anexo 3.1) determinó su competencia para evaluar el proyecto regional toda vez que se trataba de la construcción y operación de un desarrollo inmobiliario que afectaba un ecosistema costero y que requería del cambio de uso de suelo de vegetación de selva baja y vegetación secundaria.

XIII Bis.- Ecosistemas costeros: Las playas, las dunas costeras, los acantilados, franjas intermareales; los humedales costeros tales como las lagunas interdunarias, las lagunas costeras, los esteros, las marismas, los pantanos, las ciénegas, los manglares, los petenes, los oasis, los cenotes, los pastizales, los palmares y las selvas inundables; los arrecifes de coral; los ecosistemas formados por comunidades de macroalgas y de pastos marinos, fondos marinos o bentos y las costas rocosas. Estos se caracterizan porque se localizan en la zona costera pudiendo comprender porciones marinas, acuáticas y/o terrestres; que abarcan en el mar a partir de una profundidad de menos de 200 metros, hasta 100 km tierra adentro o 50 m de elevación.

Extracto de la página 5 del oficio resolutivo SGPA/DGIRA/DG/09500 con fecha del 10 de diciembre de 2018.

CONSIDERANDO:

Generales

1. Que esta DGIRA es competente para analizar, evaluar y resolver la **MIA-R** del **proyecto**, de conformidad con lo dispuesto en los artículos: 4, 5 fracciones II, X y XXI, 28 primer párrafo, fracciones VII y IX, 30, 35 párrafos primero, segundo y último, de la LGEEPA; 14, 26 y 32-bis fracciones I, III y XI, de la Ley Orgánica de la Administración Pública Federal; 2, 16 fracción X de la Ley Federal de Procedimiento Administrativo (LFPA); 2, 3 fracciones I, VII, X, XII, XIII, XIV, XVI y XVII, 4 fracciones I y III, 5 incisos O) fracción I y Q), 9, 10 fracción I, 11 fracción I, 13, 14, 21, 37, 38, 44 y 45 del REIA; 19 fracciones XXIII, XXV y XXIX y 28 fracción II del Reglamento Interior de la SEMARNAT, publicado en el Diario Oficial de la Federación el lunes 26 de noviembre de 2012.

2. Que de conformidad con lo dispuesto en el artículo 5 fracción X de la LGEEPA, que establece como facultad de la Federación la evaluación del impacto ambiental de las obras y actividades previstas en el artículo 28 de la misma Ley, y en su caso la expedición de la autorización, el **proyecto** que nos ocupa es de competencia federal por tratarse de la construcción y operación de un desarrollo inmobiliario que afecta un ecosistema costero y que requiere del cambio de uso del suelo de vegetación selva baja y vegetación secundaria, tal y como lo disponen los artículos 28, fracciones VII y IX de la LGEEPA y 5 incisos O) fracción I y Q) de su REIA.

Avocándonos al caso concreto de la aprobación condicionada, ésta establece una relación ex lege entre autoridad y gobernado más allá de las reformas que sufran la constitución, leyes y reglamentos; a partir de los términos y condicionantes de la AIA que termina siendo el fin último del acto jurídico de la petición inicial, pero que, a su vez, es precursora de otros actos jurídicos de una y otra parte, con efectos a cierto tiempo. En particular para el presente Proyecto, se estableció la obligación de someter a la presentación previa a su desarrollo, de una manifestación de impacto ambiental, en la modalidad correspondiente, misma que habría de apegarse a los parámetros urbanísticos por uso de suelo establecidos por la promovente para cada uno de los lotes del proyecto, conforme a lo indicado en las tablas incluidas en el DTU-BP ingresado a evaluación e información adicional.

Extracto de la página 45 del oficio resolutivo SGPA/DGIRA/DG/09500 con fecha del 10 de diciembre de 2018.

1. El **proyecto** consistente en la lotificación, teniendo una densidad máxima de 17,167 viviendas, comprendiendo los siguientes usos: habitacional, residencial y comercial, con una superficie total de 222.09 ha, de las cuales 54.2 serán para su conservación y el resto para su aprovechamiento. Adicionalmente, 54.60 ha serán destinadas para su donación al Municipio de Solidaridad. Se autoriza la preparación del sitio y la construcción de las obras correspondientes a la infraestructura para el desarrollo urbano que son: una planta de tratamiento de aguas residuales, una planta desaladora de ósmosis inversa (se ubicarán en los lotes denominados como servicios existentes) y servicios futuros (servicios eléctricos, bodegas y estacionamientos); vialidades, campo de golf (incluye lagos, casa club y taller de mantenimiento), vivero y cesión de CFE, tal y como se describe en la siguiente tabla:

Tipo	Uso	Superficie total		Aprovechamiento		Conservación	
		ha	%	ha	%	ha	%
Obras	Golf	63.70	15.57	40.74	63.95	22.96	36.05
	8 Vialidades	42.58*	10.40	26.69	64.88	15.89	35.12
	Vivero	2.70	0.66	0.95	35.03	1.75	64.97
	Servicios Existentes	2.71	0.66	2.71	100	0.00	0.00
	Servicios Futuros	1.58	0.39	1.26	80.00	0.32	20.00
	Cesión de CFE/Derecho de vía	7.04	1.72	7.04	100	0.00	0.00
Total		120.31	30.05	79.39	66.72	40.92	33.28

*Se restó 2.66 ha que es la superficie de donación por sobre ancho para evitar duplicación.

- *[…]*

- En cuanto a la ejecución particular de las obras y actividades de cada uno de los lotes con los parámetros autorizados para el **proyecto** y los de donación, y que no serán realizadas por la **promovente**, queda sujeta a la presentación previa a su desarrollo, de manifestaciones de impacto ambiental, en la modalidad correspondiente, para cada una de ellas, mismas que habrán de apegarse a los parámetros urbanísticos por uso del suelo establecidos por la **promovente** para cada uno de los lotes del **proyecto** (Considerando **7**, inciso **B.**), conforme a lo indicado en las tablas incluidas en la **MIA-R** e información adicional, con el fin de ser evaluadas y obtener la autorización para cada una de las manifestaciones que se sometan en su momento al procedimiento de evaluación en la materia.

En conclusión, para el caso del proyecto, requiere presentar previamente una solicitud de evaluación, obligación que deriva de un principio e instrumento preventivo del derecho ambiental, la autorización (cuasi-contrato) subsiste y subyace a la generalidad de la norma, de tal forma que aún y cuando hoy en día parecería que el proyecto no responde a la definición de “zona costera o ecosistema costero” establecido por el criterio CG-24 del POEL Solidaridad, no debemos perder de vista que su porción fue evaluada integralmente en conjunto con un plan maestro que se analizó, evaluó, sancionó y condicionó como “ecosistema costero” y como tal debe seguir siendo evaluado. Finalmente, es imperativo recalcar que dejar de analizarlo con las características con que fue observado de origen el proyecto originario, traería peores efectos de fracción y disfuncionalidad de los sistemas, mientras que lo contrario, podría contribuir a recuperar en la proporción que fuera, cierta conectividad y funcionalidad de éstos y, por consiguiente, la autoridad competente para conocer de su evaluación, por accesorio que es, tendría que ser la SEMARNAT como un desarrollo inmobiliario dentro de un ecosistema costero

De la vinculación legal con el POEL-S que se presenta, se manifiesta que las actividades propuestas en el Proyecto son compatibles con la vocación del suelo que se les otorga en este instrumento, declaración que ha sido previamente confirmada mediante la autorización número No. SGPA/DGIRA/DG/04219 que realizó la Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales a la Manifestación de Impacto Ambiental en su modalidad Regional del proyecto Ciudad Mayakoba, mismo que da origen al Proyecto que hoy nos ocupa, ya que las actividades a desarrollarse, y que aquí se acredita su viabilidad ambiental y jurídica, se encontraban planeadas en el proyecto original.

3.4.8. Planes y Programas de Desarrollo Urbano

Los planes y programas de desarrollo funcionan como herramientas de participación ciudadana, donde por disposición constitucional deben recopilarse a través de diferentes medios, las demandas y aspiraciones de los diversos sectores sociales y por otra parte también sirven como guía de mandato para los gobiernos del ámbito federal, estatal y local, toda vez que constituyen las directrices que encauzarán las acciones de los gobernantes durante su periodo de gobierno.

En relación a lo anterior, los planes y programas de planeación, si bien representan acciones de índole programática o planeación para la autoridad competente, es decir, para los gobiernos de los tres órdenes, conforme a lo establecido en las propias leyes de planeación; se puede afirmar que el Proyecto es congruente con los planes y programas de desarrollo que le aplican, tal y como se demuestra en este capítulo.

De conformidad con lo anterior, se presenta a continuación la vinculación del Proyecto con los planes y programas de desarrollo vigentes y en ejecución, de la nación, el estado de Quintana Roo y del municipio de Solidaridad, esto con el propósito de demostrar la compatibilidad de las obras y actividades que se proponen con estos instrumentos, y específicamente respecto a los temas relacionados con el medio ambiente, el desarrollo de la entidad y del turismo como actividad productiva.

3.4.8.1. Plan Municipal de Desarrollo 2018-2021 del Municipio de Solidaridad, Quintana Roo

El Plan Municipal de Desarrollo 2018-2021 es el instrumento rector de la actividad de todas las dependencias y direcciones que conforman el H. Ayuntamiento de Solidaridad. Se construye con base en las necesidades ciudadanas e identifica diversos ejes de gobierno fundamentales que son: Solidaridad humano e incluyente, desarrollo económico ordenado y sostenible, bienestar con esperanza, gobierno seguro y combate a la corrupción,

Siendo el eje fundamental que justifica la viabilidad del Proyecto con el Plan Municipal de Desarrollo el de “desarrollo económico ordenado y sostenible”, el cual gira alrededor de una propuesta de desarrollo integral de infraestructura que fortalezca la economía local, mediante la mejora de la imagen urbana, los servicios y la oferta turística. El eje se centra en la diversificación de la oferta turística, el fomento al trabajo decente e inclusivo y la producción sostenible, la capacidad de resiliencia y la armonía con el medio ambiente.

Uno de los objetivos estratégico para el programa sectorial “Solidaridad Resiliente”, que formar parte del eje “desarrollo económico ordenado y sostenible”, se centra en proteger y promover el uso sostenible de los recursos naturales adoptando medidas para el combate al cambio climático y la resiliencia, en armonía con el medio ambiente. Para lograr este objetivo se establecen líneas de acción de las cuales se han identificado que son viables al Proyecto las siguiente:

- Fomentar y fortalecer la implementación de programas y acciones que promuevan la separación y manejo de residuos sólidos, así como su reutilización y reciclaje.
- Reforestar diversos puntos del municipio de Solidaridad.
- Promover la educación ambiental no formal para la sostenibilidad.
- Implementar acciones en materia de mitigación y adaptación al cambio climático.

El Proyecto es compatible y coherente con el objetivo estratégico propuesto por el instrumento analizado ya que contribuye a los planteamientos de la planeación municipal 2018-2021 en materia ambiental, así como al fortalecimiento del desarrollo económico ordenado y sostenible mediante la atracción de la inversión al municipio, por el desarrollo del Proyecto en comento, sin ocasionar impactos ambientales significativos.

3.4.8.2. Programa Parcial de Desarrollo Urbano El Jesusito

Los planes y programas de desarrollo funcionan como herramientas de participación ciudadana, donde por disposición constitucional deben recopilarse a través de diferentes medios las demandas y aspiraciones de los diversos sectores sociales y por otra parte también sirven como guía de mandato para los gobiernos del ámbito federal, estatal y local, toda vez que constituyen las directrices que encauzarán las acciones de los gobernantes durante su periodo de gobierno.

En relación con lo anterior, los planes y programas de planeación, si bien representan acciones de índole programática o planeación para la autoridad competente, es decir, para los gobiernos de los tres órdenes, conforme a lo establecido en las propias Leyes de Planeación, se puede afirmar que el Proyecto es congruente con los planes y programas de desarrollo que le aplican, tal y como se demuestra a continuación.

Al respecto, por la ubicación del proyecto “Ciudad Mayakoba” (antes denominado como “El Ximbal”), el instrumento urbano que regula los usos de suelo e intensidades de uso, así como las densidades es el Programa Parcial de Desarrollo Urbano El Jesusito (PPDU-J), el cual se realizó en congruencia con lo establecido en el Programa de Ordenamiento Ecológico Local del Municipio de Solidaridad publicado en el Periódico Oficial del Estado de Quintana Roo el 25 de mayo de 2009, así como con los instrumentos de planeación urbana del Municipio publicados en el Periódico Oficial del Estado de Quintana Roo el 20 de diciembre de 2010, los cuales son el Programa de Desarrollo Urbano del Municipio de Solidaridad del Estado de Quintana Roo y el Programa de Desarrollo Urbano de Playa del Carmen.

El Programa Parcial de Desarrollo Urbano El Jesusito fue publicado en el Periódico Oficial (PO) del estado de Quintana Roo el 29 de marzo del 2013, posteriormente fue modificado respetando los parámetros urbanos y densidad de los lotes que fueron previamente establecidos, esta modificación fue publicada en el PO del estado de Quintana Roo el 10 de marzo de 2016.

En sus considerandos hace referencia a que el área de aplicación abarca una superficie de 409.25 ha. Dentro de esta superficie, se distribuyen 6 lotes para donación al municipio, 5 lotes para servicios, 41 macrolotes de usos diversos (habitacional plurifamiliar, habitacional unifamiliar, mixto y comercial), un campo de golf de 18 hoyos con dos lotes, uno para la casa club y otro para las instalaciones de mantenimiento del mismo campo, así como vialidades y áreas verdes.

El porcentaje total de aprovechamiento establecido para el proyecto de Ciudad Mayakoba en este PPDU-J fue del 68.17%, por lo que el 31.83% de la superficie del predio se destinó a su conservación. En tanto que la densidad máxima establecida fue de 17,329 viviendas totales.

Posteriormente, el 22 de junio de 2020 se publicó en el Periódico Oficial del estado de Quintana Roo (PO) el ***Acuerdo mediante el cual se aprueba autorizar la Conformación del Polígono de Actuación Privado para la Relocalización de usos y destinos del suelo e intercambio de potencialidad de edificación dentro del desarrollo denominado “CIUDAD MAYAKOBA”, respecto a los lotes ubicados en Carretera Federal 307 Chetumal- Puerto Juárez, Km 298,***

predio conocido como "EL JESUSITO" de la Ciudad de Playa del Carmen, Municipio de Solidaridad, Quintana Roo (Anexo 3.6).

A través de esta publicación, se autorizó la Constitución del Polígono mediante Sistema de Actuación Privado denominado "CIUDAD MAYAKOBA", constituido por los siguientes lotes, Lote 001 – Mz. 002, lote 10, fracciones a, b, c, d, **lote 13**, lote 19, lote 20, lote 21, lote 22, lote 25 fracciones a, b, c, lote 31, **lote 32** y lote 33, en la localidad de Playa del Carmen, Municipio de Solidaridad, para la realización de proyectos urbanos mediante el reaprovechamiento y relocalización de la densidad, superficie máxima de construcción, COS, CUS e incremento de alturas (Figura 3. 7), procurando en el caso de ser necesario y conforme lo dictamine la Secretaría de Ordenamiento Territorial Municipal y de Sustentabilidad del Municipio de Solidaridad se realicen las obras de mitigación en materia de infraestructura vial, infraestructura hidráulica, drenaje y eléctrica, así como imagen urbana.

Figura 3. 7. Extracto del *Acuerdo mediante el cual se aprueba autorizar la Conformación del Polígono de Actuación…*, publicado en el PO el 22 de junio de 2020.

Tabla General de valores de la PROPUESTA de Polígono de Actuación Privado

	MACROLOTE	USOS	No de Lote	Superficie Ha	Densidad por Lote (N° de Viviendas)	COS Superficie Ha	COS %	CUS Superficie Máxima de Construcción Ha	CUS	CMS Superficie Ha	CMS %	ALTURAS Niveles	ALTURAS Metros*
1	VIV. VERTICAL	HP-1	13	5.51	519	2.76	50%	9.92	1.800	4.13	75%	10	40
2	VIV. VERTICAL	HP-1	32	5.13	483	2.57	50%	9.23	1.800	3.85	75%	10	40
3	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]		3.72	50%	14.88	2.000	5.58	75%	12	48
4	VIV. VERTICAL	HP-3	25 b	4.91	2044	2.46	50%	9.82	2.000	3.68	75%	10	40
5	LA CEIBA	HP-3	25 c	9.36		4.68	50%	18.72	2.000	7.02	75%	8	32
6	SENDEROS	HP-4	10a	14.38		7.19	50%	22.70	1.575	11.79	82%	6	24
7	SENDEROS	HP-4	10b	1.97		0.99	50%	3.11	1.575	1.62	82%	6	24
8	SENDEROS	HP-4	10c	4.14	2802	2.07	50%	6.53	1.575	3.39	82%	6	24
9	SENDEROS	HP-4	10d	4.69		2.35	50%	7.50	1.600	3.85	82%	6	24
10	VERDEN	HP-1	33	5.51	519	2.76	50%	9.92	1.800	4.13	75%	10	40
11	MIXTO COMERCIAL	MC-1	19	3.51	235	1.76	50%	5.27	1.500	2.46	70%	12	48
12	MIXTO COMERCIAL	MC-1	20	2.64	177	1.32	50%	3.96	1.500	1.85	70%	12	48
13	MIXTO COMERCIAL	MC-1	21	2.64	177	1.32	50%	3.96	1.500	1.85	70%	12	48
14	MIXTO COMERCIAL	MC-1	22	2.25	151	1.13	50%	3.38	1.500	1.58	70%	12	48
15	DOWNTOWN	MC-2	31	0.74	72	0.30	40%	1.55	2.100	0.44	60%	8	32
		TOTALES		74.820	7.173	37.336		130.448		57.245			

Así mismo, el 21 de febrero de 2021 se publicó en el Periódico Oficial del estado de Quintana Roo el ***Acuerdo mediante el cual se aprueba autoriza la conformación del Polígono de Actuación Residencial, de actuación privada para la Relocalización de usos y destinos del suelo e intercambio de potencialidad de edificación dentro del desarrollo denominado complejo "CIUDAD MAYAKOBA", respecto a los lotes 003 y 008, ubicados en la Carretera Federal 307 Chetumal-Puerto Juárez, km 298, en la Ciudad de Playa del Carmen, Municipio de Solidaridad, Quintana Roo; mismos que no contravienen, ni alteran las condiciones***

naturales de crecimiento, si no por el contrario privilegia la continuidad del desarrollo ordenado y planificado del Municipio de Solidaridad, Quintana Roo (Anexo 3.7)***.***

A través de esta publicación, se autorizó la Constitución del Polígono mediante Sistema de Actuación Privado denominado "CIUDAD MAYAKOBA LOTES 003 Y 008", con claves catastrales 801021003001003 y 801021003001008, en la localidad de Playa del Carmen, municipio de Solidaridad, para la relocalización de proyectos urbanos mediante el reaprovechamiento y relocalización de la densidad, superficie máxima de construcción, COS, CUS y establecimiento de alturas, procurando en el caso de ser necesario y conforme lo dictamine la Secretaría de Ordenamiento Territorial Municipal y de Sustentabilidad del Municipio de Solidaridad se realicen las obras de mitigación en materia de infraestructura vial, infraestructura hidráulica, drenaje y eléctrica, así como imagen urbana.

El reaprovechamiento y relocalización del uso de suelo, la densidad y superficie máxima de construcción, COS, CUS y establecimiento de alturas quedo definido de acuerdo a la Figura 3. 8.

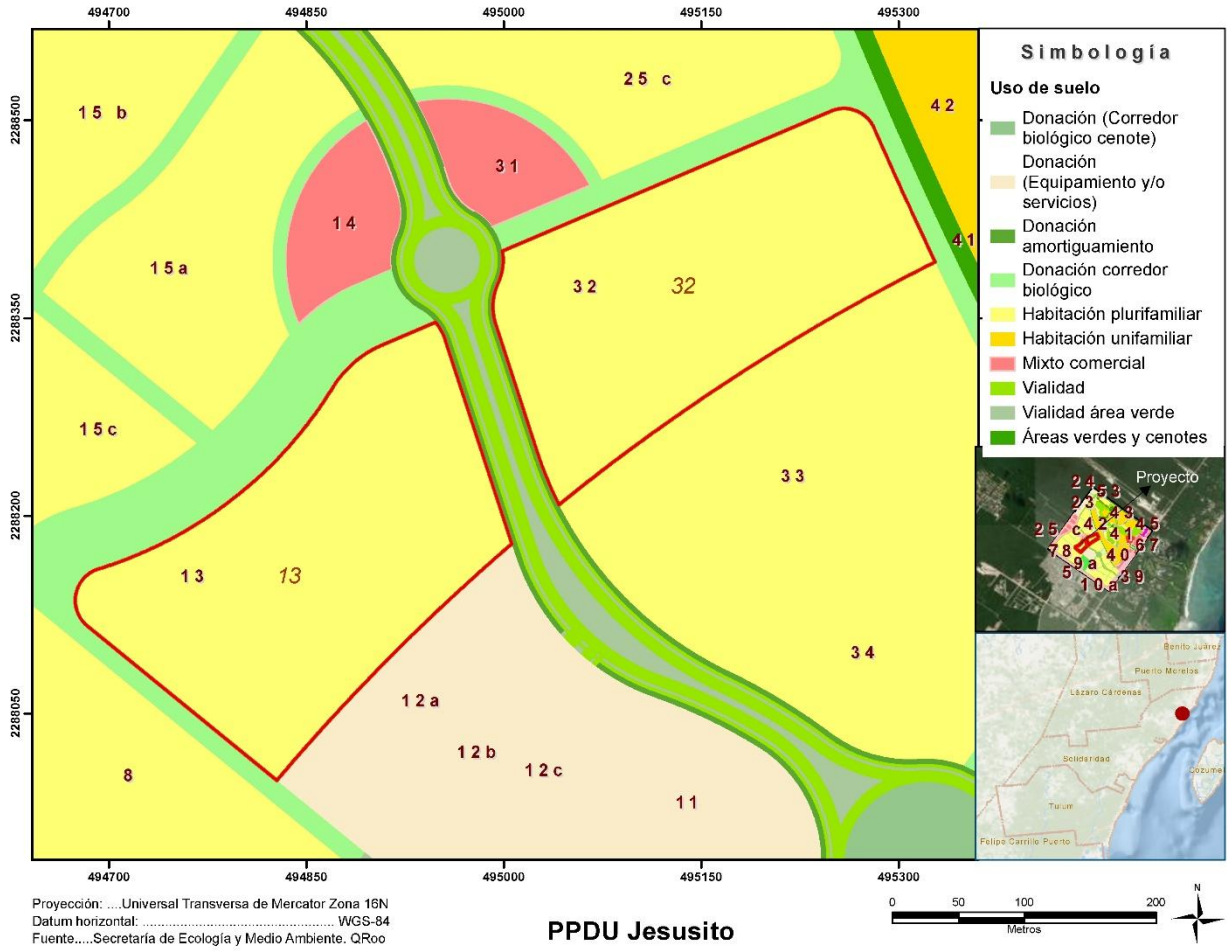
Figura 3. 8. Extracto del Acuerdo mediante el cual se aprueba autorizar la Conformación del Polígono de Actuación…, publicado en el PO el 21 de febrero de 2021.

PARÁMETROS URBANOS PROPUESTOS													
MACROLOTE		Usos	No de lote	Superficie Ha	Densidad por Lote (No de Viviendas	COS Superficie HA	%	CUS Superficie Máxima de Construcción Ha		CMS Superficie Ha	%	ALTURAS Niveles	Metros
1	MIXTO COMERCIAL	MC-1	13	5.51	519	2.76	50	9.92	1.800	4.13	75	10	40
2	MIXTO COMERCIAL	MC-1	32	5.13	483	2.57	50	9.23	1.800	3.85	75	10	40

En ese sentido se aprobó en los lotes 003 (Lote 32) y 008 (Lote 13), la asignación de uso de suelo Mixto Comercial sin que esto representará incremento alguno a la densidad total autorizada, así como tampoco en el COS, CUS, ni las alturas.

Una vez expuesto lo anterior, se hace del conocimiento de la H. Autoridad que el proyecto "Rotonda" que se somete a evaluación de impacto ambiental mediante el presente DTU-BP se pretende desarrollar en los denominados "**Lote 13 y 32**" ubicados al interior del proyecto Ciudad Mayakoba el cual, de acuerdo a las modificaciones autorizadas, le establece un uso de suelo Mixto Comercial (MC-1), determinado para el desarrollo de viviendas y comercio (Figura 3. 9).

Figura 3. 9. Ubicación del Proyecto dentro del Programa Parcial de Desarrollo Urbano El Jesusito.



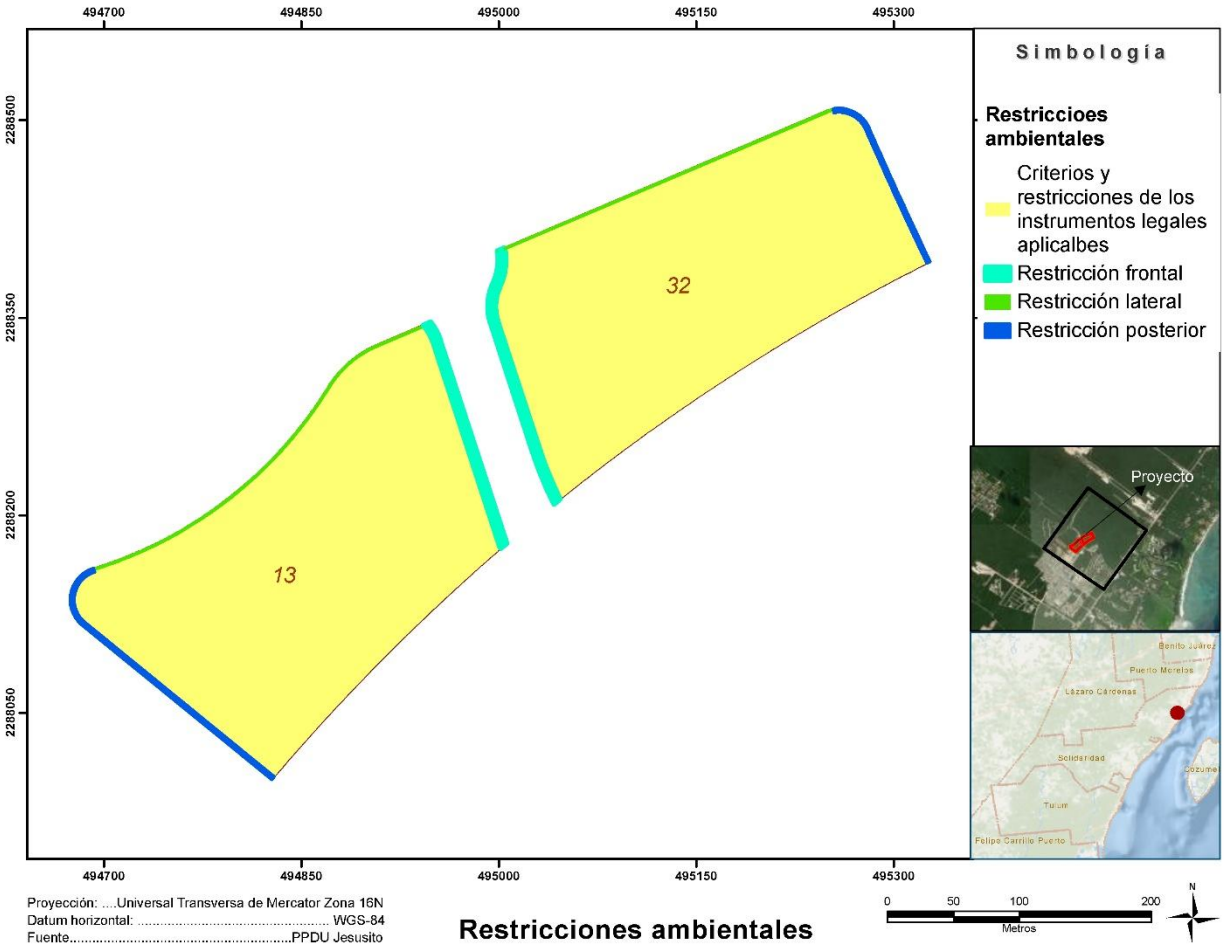
Los parámetros urbanísticos aplicables al proyecto "**Rotonda**" con uso de suelo Mixto Comercial son:

Lotes 13 y 32

- Densidad total de **519 viviendas totales para el Lote 13** y de **483 viviendas totales para el Lote 32**.
- **Coeficiente de ocupación del suelo** (COS) **no mayor a 50%** para la edificación de vivienda.
- **Coeficiente de utilización del suelo** (CUS) **no superior al 1.80**.
- **Coeficiente de modificación del suelo** (CMS) **no mayor al 75%** del terreno.

- **Altura máxima** de las edificaciones será la que resulte de aplicar los coeficientes de ocupación y utilización del suelo, no debiendo exceder de **diez niveles o 40 metros**[8]. Para determinar la altura, esta se considera a partir del nivel establecido de la vía pública referenciado al paramento edificado de mayor altura hasta el nivel de la cumbrera de techos inclinados o del pretil de azotea en techos planos.
- Número mínimo de cajones **de estacionamiento por vivienda igual a 1 cajón**.
- Las restricciones de este lote son: **Frontal 6.00 m, lateral 1.50 m de ambos lados y posterior 3.00 m**.

Figura 3.10. Restricciones de los lotes

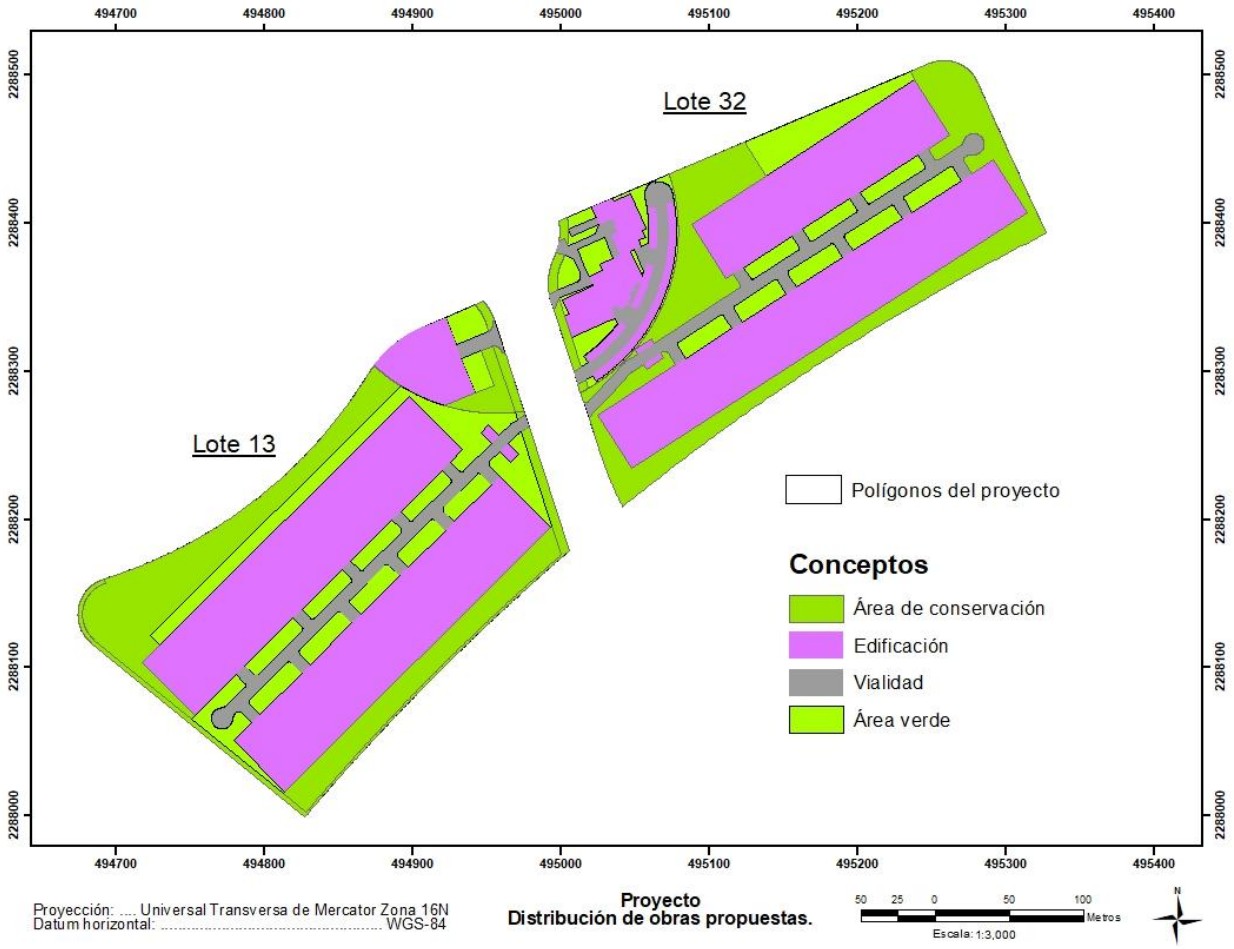


El Proyecto a desarrollarse en los Lotes 13 y 32 pretende la construcción de hasta 920 viviendas. Al respecto, las obras que pretenden realizarse en los lotes previamente mencionados se

[8] Periódico Oficial del Estado de Quintana Roo. 22 de junio de 2020. Acuerdo mediante el cual se aprueba autorizar la Conformación del Polígono de Actuación Privado para la Relocalización de usos y destinos del suelo e intercambio de potencialidad de edificación dentro del desarrollo denominado “CIUDAD MAYAKOBA”, respecto a los lotes ubicados en Carretera Federal 307 Chetumal- Puerto Juárez, Km 298, predio conocido como “EL JESUSITO” de la Ciudad de Playa del Carmen, Municipio de Solidaridad, Quintana Roo.

distribuyen como se muestra en la Figura 3. 11 y cumplen con los usos permitidos. Las restricciones aplicables a los lotes, serán respetadas cabalmente.

Figura 3. 11. Obras propuestas para el Proyecto.



De acuerdo a lo anterior, los parámetros urbanos aplicables al Proyecto de acuerdo al PPDU-J, el el "*Acuerdo mediante el cual se aprueba autorizar la Conformación del Polígono de Actuación…"* (PO, 22 de junio de 2020) y el "*Acuerdo mediante el cual se aprueba autoriza la conformación del Polígono de Actuación…"* (PO, 21 de febrero de 2020), así como los parámetros del Proyecto propuesto se presentan en la Tabla 3. 24.

Tabla 3. 24. Parámetros urbanos aplicables al Proyecto.

Parámetros urbanos aplicables al Lote 15 de acuerdo al Programa Parcial de Desarrollo Urbano El Jesusito y el *Acuerdo mediante el cual se aprueba autorizar la Conformación del Polígono de Actuación…*, publicado en el PO el 22 de junio de 2020.										
Clave	**Lote**	**Superficie total (ha)**	**Total de viviendas**	**Superficie de aprovechamiento: CMS**		**COS**		**CUS**		**Altura máxima (niveles)**
				%	**ha**	**%**	**ha**	**Factor**	**ha**	
MC-1	**13**	**5.51**	**519**	**75**	**4.13**	**50**	**2.76**	**1.80**	**9.92**	**10**
	32	**5.13**	**483**	**75**	**3.85**	**50**	**2.57**	**1.80**	**9.23**	**10**
Parámetros del Proyecto propuesto										
Clave	**Lote**	**Superficie total (ha)**	**Total de viviendas**	**CMS**		**COS**		**CUS**		**Altura máxima (m)**
				%	**ha**	**%**	**ha**	**Factor**	**ha**	
MC-1	**13**	**5.51**	**519**	**75**	**4.13**	**50**	**2.76**	**1.80**	**9.92**	**10**
	32	**5.13**	**401**	**75**	**3.85**	**46.17**	**2.37**	**1.56**	**8.00**	**10**

* Cabe la posibilidad de que las sumatorias finales presenten diferencias en decimales, lo anterior debido al uso de programas computacionales para el redondeo de metros cuadrados a hectáreas.

Es importante mencionar que, el Proyecto cumplirá con las restricciones establecidas en los instrumentos en comento, tal y como se puede observar en el Capítulo 2 del presente documento.

Asimismo, con base en la tabla de compatibilidad de usos del PPDU-J, se establece que el uso de suelo del Proyecto (MC-1) tiene como uso predominante el vecinal, barrial, subcentral, central, servicios comerciales barriales, servicios comerciales subcentrales, servicios comerciales centrales, así como que es compatible con los usos turístico hotelero densidad baja, turístico hotelero densidad media, unifamiliar, plurifamiliar horizontal, plurifamiliar vertical, educación, cultura, salud, recreación, deporte y espacios verdes y abiertos.

Debido a la naturaleza del Proyecto, se manifiesta que es completamente congruente con los usos que se otorgan en el PPDU-J y el *"Acuerdo mediante el cual se aprueba autorizar la Conformación del Polígono de Actuación…"* (PO, 22 de junio de 2020) *y el "Acuerdo mediante el cual se aprueba autoriza la conformación del Polígono de Actuación…"* (PO, 21 de febrero de 2020), siendo congruente con los parámetros urbanos referentes a COS, CUS, CMS, alturas, densidades y superficies de aprovechamiento y conservación, previendo utilizar los Lotes 13 y 32 para el desarrollo de 920 viviendas plurifamiliar y construcción de lotes comerciales, junto con obras accesorias a estos conceptos, debidamente descrito en el Capítulo 2 del presente DTU-BP.

Aunado a lo anterior, el Proyecto tiene considerada la construcción de cajones de estacionamiento, en una proporción igual a 1 por vivienda.

De esta forma, se concluye que el Proyecto cumple con lo establecido en el PPDU-J vigente, así como lo señalado en el *"Acuerdo mediante el cual se aprueba autorizar la Conformación del Polígono de Actuación…"* (PO, 22 de junio de 2020) *y el "Acuerdo mediante el cual se aprueba autoriza la conformación del Polígono de Actuación…"* (PO, 21 de febrero de 2020), en consideración de no rebasar las superficies de aprovechamiento establecidas para ambos lotes. Asimismo, obedece el uso de suelo asignado a este, siendo completamente congruente en este sentido.

3.4.9. Áreas Naturales Protegidas

El Artículo 3 de la Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente define a las áreas naturales protegidas (ANP) como zonas del territorio nacional y sobre las que la nación ejerce su soberanía y jurisdicción, en donde los ambientes originales no han sido significativamente alterados por la actividad del ser humano o que requieren ser preservadas y restauradas.

De esta forma, las Áreas Naturales Protegidas (ANP) se delimitaron con el objetivo principal de proteger la flora y fauna, los servicios ambientales, los recursos naturales de importancia especial y los ecosistemas representativos de una región o país. Su creación ha sido, desde el siglo pasado, una de las principales estrategias empleadas en el ámbito global y en México para la conservación de los ecosistemas naturales y sus especies.

De acuerdo con la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas, actualmente administra 182 áreas naturales de carácter federal que representan 90,839,521.55 hectáreas y apoya 354 Áreas Destinadas Voluntariamente a la Conservación, con una superficie de 551,206.12 hectáreas. De la superficie total 21,886,691 hectáreas corresponden a superficie terrestre protegida, lo que representa el 11.14% de la superficie terrestre nacional; de la superficie marina se protegen 69,458,748 hectáreas, lo que corresponde al 22.05% de la superficie marina del territorio nacional.

En este sentido, el artículo 44 de la misma Ley establece límites adicionales para aquellas personas que, siendo titulares de derechos de dominio o posesión sobre predios al interior de dichas áreas naturales, pretendan desarrollar obras o actividades. Estas restricciones implican para el desarrollador sujetarse a las normas y preceptos que establezcan los Decretos a través de los que se constituyen las ANP respectivas, así como a las disposiciones contenidas en los programas de manejo correspondientes.

Por su ubicación geográfica, el Proyecto no se localiza dentro del polígono de alguna ANP de carácter federal, estatal o municipal; tampoco es colindante con éstas, ni tiene contemplado realizar ningún tipo de obra o actividad dentro de alguna ANP cercana al predio, por lo que no se encuentra obligación legal alguna para cumplir las disposiciones relativas a sus decretos constitutivos y programas de manejo (Figura 3.12 y Figura 3.13).

Figura 3.12. Ubicación geográfica de las áreas naturales protegidas federales cercanas al Proyecto.

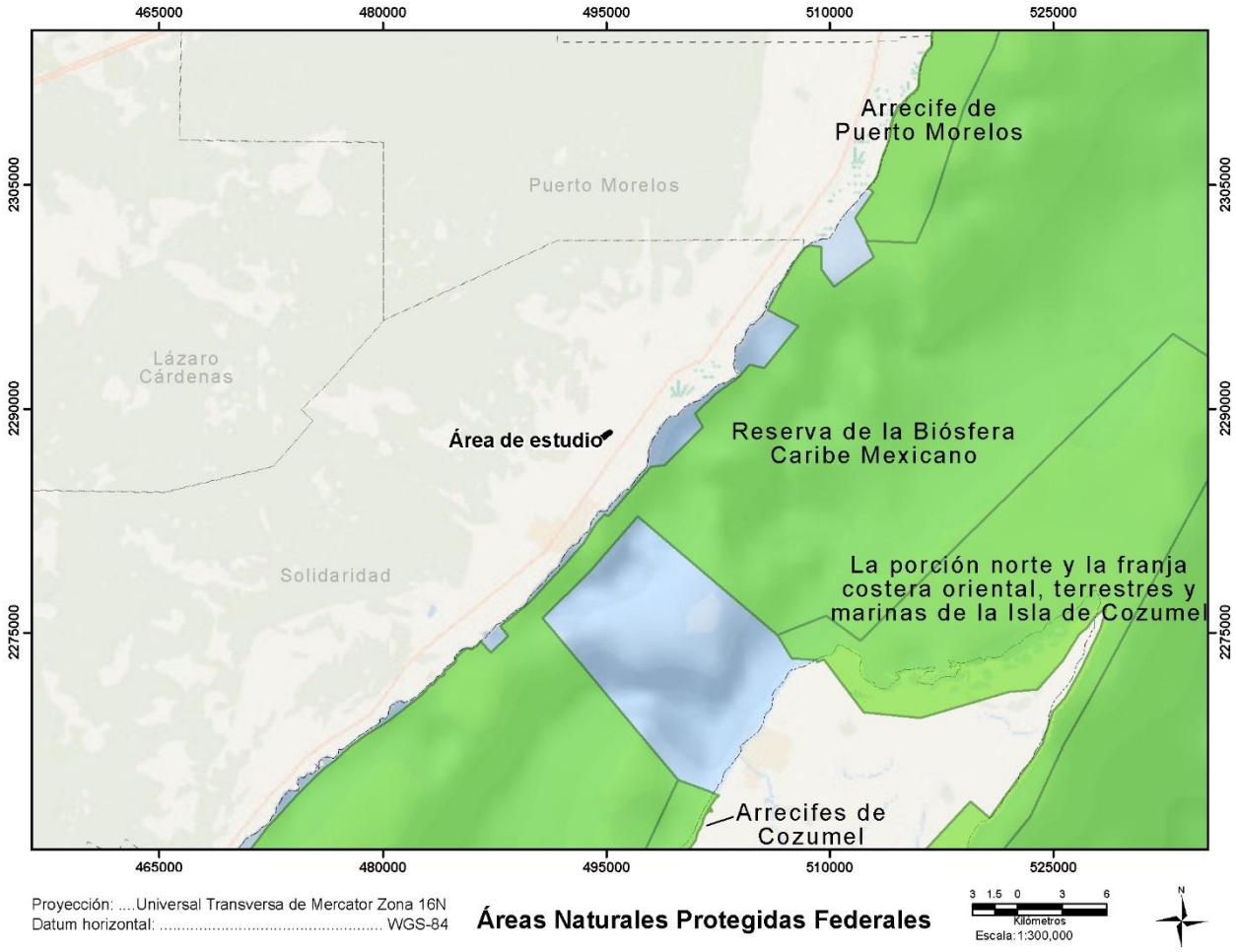
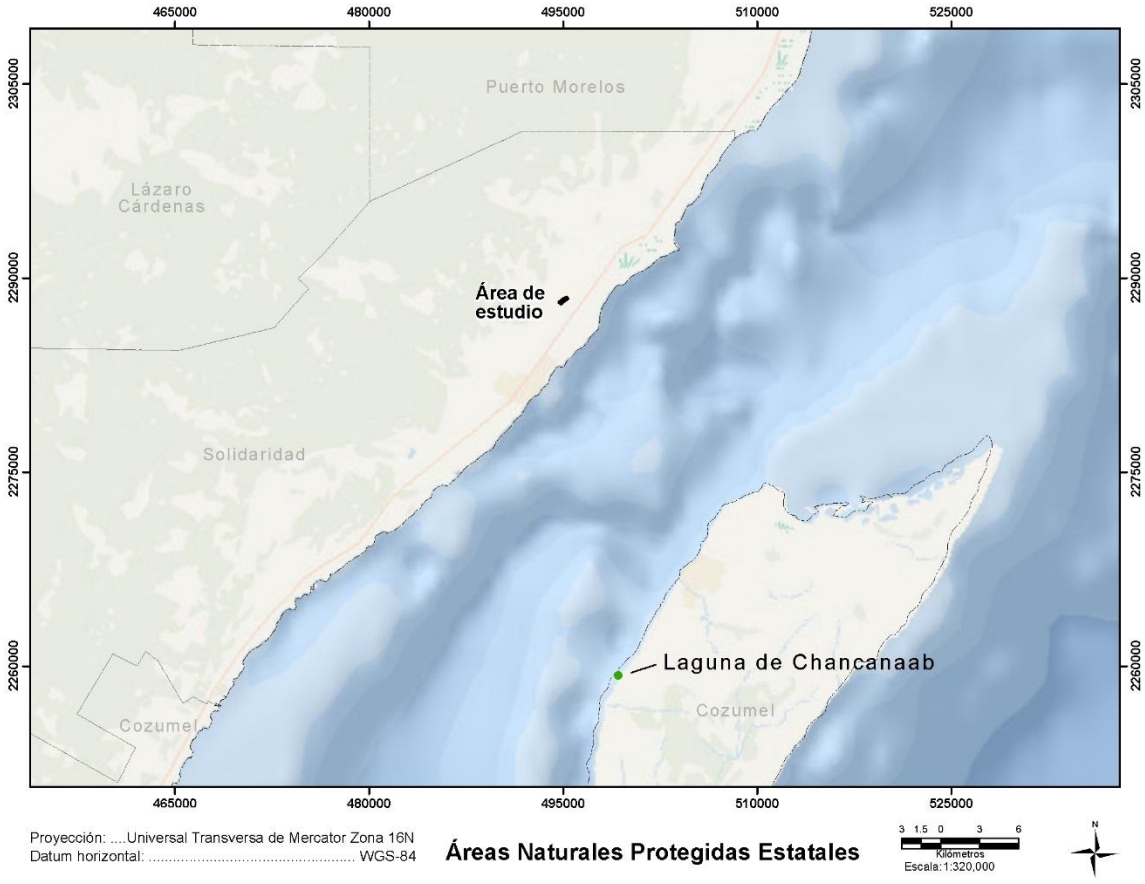


Figura 3.13. Ubicación geográfica de las áreas naturales protegidas estatales y municipales cercanas al Proyecto.



Sin perjuicio de lo anterior, el Proyecto pretende ubicarse en la zona de influencia del Área Natural Protegida Reserva de la Biosfera Caribe Mexicano, con la que a continuación se vincula con el proyecto:

3.4.9.1. DECRETO por el que se declara Área Natural Protegida, con el carácter de reserva de la biosfera, la región conocida como Caribe Mexicano y su Programa de Manejo

NORMATIVIDAD APLICABLE	VINCULACIÓN
RESERVA DE LA BIOSFERA CARIBE MEXICANO **ANP FEDERAL.** ***ARTÍCULO PRIMERO**. Se declara área natural protegida, con el carácter de reserva de la biosfera, la región conocida como Caribe Mexicano, localizada en los municipios de Isla Mujeres, Benito Juárez, Tulum y frente a las costas de Puerto Morelos, Solidaridad, Cozumel, Bacalar y*	El Proyecto se encuentra fuera del polígono de la Área Natural Protegida federal de Reserva de la Biosfera Caribe Mexicano con una distancia aproximada de 2.411 km en línea recta. Sin perjuicio de lo anterior, tal como lo señala el Programa de Manejo, la zona de influencia donde se ubica el proyecto, se encuentra aledaña a la poligonal del ANP y mantiene una estrecha interacción social, económica y ecológica con esta.

Othón P. Blanco, en el Estado de Quintana Roo, con una superficie total de 5,754,055-36-31.60 hectáreas (cinco millones setecientas cincuenta y cuatro mil cero cincuenta y cinco hectáreas, treinta y seis áreas, treinta y una punto sesenta centiáreas), de las cuales 5,725,465-86-57.50 hectáreas (cinco millones setecientas veinticinco mil cuatrocientas sesenta y cinco hectáreas, ochenta y seis áreas, cincuenta y siete punto cincuenta centiáreas) corresponden a la porción marina y 28,589-49-74.10 hectáreas (veintiocho mil quinientas ochenta y nueve hectáreas, cuarenta y nueve áreas, setenta y cuatro punto diez centiáreas) corresponden a la porción terrestre. El área natural protegida presenta seis zonas núcleo con una superficie total de 1,932,648-48-79.18 hectáreas (un millón novecientas treinta y dos mil seiscientas cuarenta y ocho hectáreas, cuarenta y ocho áreas, setenta y nueve punto dieciocho centiáreas), mientras que la zona de amortiguamiento queda comprendida por 3,821,406-87-52.42 hectáreas (tres millones ochocientas veintiún mil cuatrocientas seis hectáreas, ochenta y siete áreas, cincuenta y dos punto cuarenta y dos centiáreas). ***ARTÍCULO DÉCIMO SEXTO**. La Secretaría, por conducto de la Comisión, delimitará en el programa de manejo la zona de influencia de la reserva de la biosfera Caribe Mexicano, con el propósito de generar nuevos patrones de desarrollo regional sustentable acordes con la presente declaratoria y promover que las autoridades, que regulen o autoricen el desarrollo de actividades en dicha zona, consideren la congruencia entre éstas y la categoría de manejo asignada a la reserva de la biosfera Caribe Mexicano.*	Bajo tal tesitura, es relevante indicar que, el Programa de Manejo no establece para la zona de influencia actividades permitidas y no permitidas, al no formar parte de la zona núcleo y zonas de amortiguamiento que integran la poligonal decretada para el ANP. En este sentido, el Proyecto no se encuentra regulado por el Decreto de dicha ANP y no resultan de observancia las Reglas administrativas establecidas en el Programa de Manejo, toda vez que, de acuerdo con la Regla Administrativa 1, estas son “de observancia general y obligatoria para todas aquellas personas físicas o morales que realicen actividades dentro de la Reserva de la Biosfera Caribe Mexicano”, lo que indica que dichas Reglas serán de observancia únicamente para quien pretenda realizar actividades en las zonas núcleo y zonas de amortiguamiento del ANP, y no así para el proyecto que se ubica en la zona de influencia. Finalmente, se reitera que, para la Zona de Influencia, no existen prohibiciones derivadas de su carácter de intrínseco. Con base en lo anterior, se deberá considerar el Proyecto como viable, al estar ubicado fuera del ANP en comento.
PROGRAMA DE MANEJO. ***ZONA DE INFLUENCIA.*** *De conformidad con lo señalado en los artículos 3°, fracción XIV y 74 del Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en Materia de Áreas 177 Naturales Protegidas, la zona de influencia es la superficie aledaña a la poligonal de un Área Natural Protegida que mantiene una estrecha interacción social, económica y ecológica con esta. En el caso de la Reserva de la Biosfera abarca una superficie aproximada de 3,843,737.739520 hectáreas del Estado de Quintana Roo, el cual cuenta con 11 municipios, con núcleos poblacionales de*	De manera análoga a la vinculación anterior, se reitera que el Programa de Manejo de esta ANP señala que la zona de influencia tiene una estrecha relación hidrológica con el ANP, particularmente, a través de las descargas de sedimentos y nutrientes terrestres a las cuencas hidrológicas, hecho que el proyecto por su naturaleza no generará. Además, recomienda una serie parámetros para las descargas que tengan un efecto directo en el ANP, hecho que tampoco tiene relación con el proyecto, ya que como quedó asentado en el presente DTU-BP, no se descargarán aguas residuales al mar ni a cuerpos de agua. En las etapas de operación y mantenimiento del proyecto,

importancia nacional e internacional como son: Cancún, Cozumel, Playa del Carmen, Isla Mujeres, Tulum, Mahahual, Chetumal, entre otros. La zona de influencia abarca la totalidad del Estado de Quintana Roo, así como las porciones marinas entre la Reserva de la Biosfera y otras Áreas Naturales Protegidas y los límites con la costa del Estado, sin incluir a las Áreas Naturales Protegidas de carácter Federal existentes, cabe señalar que en dichas Áreas Naturales Protegidas aplica el Decreto por el que se declara Área Natural Protegida, con el carácter de reserva de la biosfera, la región conocida como Caribe Mexicano y Programa de Manejo correspondiente. Esta zona de influencia toma como antecedente: Terrestre: • Sitios prioritarios acuáticos epicontinentales para la conservación de la biodiversidad de la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). • Sitios prioritarios terrestres para la conservación de la biodiversidad de la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). • Áreas de importancia para la conservación de las aves, 2015 de la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). • Límites y regionalización de los Corredores Biológicos del sureste de México de la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). Marino: • Área Sujeta a Ordenamiento Ecológico (ASO) del Programa de Ordenamiento Ecológico Marino y Regional del Golfo de México y Mar Caribe. • Zonas Marinas Significativas Ecológica y Biológicamente del Convenio sobre la Diversidad Biológica, EBSA's por sus siglas en inglés (Ecologically or Biologically Significant Marine Areas). • Sistema Arrecifal Mesoamericano (SAM). En esta zona de influencia se lleva a cabo una conectividad ecológica importante con la Reserva de la Biosfera Caribe Mexicano, que incluye una interacción hidrológica, biológica, geológica, atmosférica, cultural, económica, social y escénica. En cuanto a la relación cultural, se encuentran diversos sitios arqueológicos correspondientes a la Cultura Maya de acuerdo con el Instituto Nacional de Antropología e Historia,	se contratará con un Programa de Manejo de Residuos. Asimismo, a través del Capítulo 4 del presente DTU-BP, se analiza y evidencia que el proyecto por su naturaleza, ubicación no afecta a sitios prioritarios acuáticos epicontinentales, sitios prioritarios terrestres, AICA´s o corredores biológicos de los señalados en la definición de zona de influencia del propio decreto. De igual manera, conforme a los resultados de la evaluación de impactos ambientales presentados en el capítulo 5 del DTU-BP, el proyecto no afecta la estructura y funcionalidad de los ecosistemas donde se ubica, toda vez que no se generan impactos relevantes o significativos, independientemente que la aplicación de las medidas propuestas reduce, evitan o compensan los efectos no relevantes del proyecto sobre el área seleccionada. Por todo lo anterior, el proyecto se ajusta a los objetivos y alcances que motivan la existencia de la Zona de Influencia. En conclusión, el proyecto no contraviene lo establecido en el Decreto por el que se declara Área Natural Protegida, con el carácter de reserva de la biosfera, la región conocida como Caribe Mexicano, ni su Programa de Manejo.

3.4.10. Regiones y Sitios Prioritarios de la Comisión Nacional para el Conocimiento y uso de la Biodiversidad

Con el objetivo de brindar herramientas sobre las prioridades de conservación de nuestro patrimonio natural que contribuyan con conocimiento para orientar y fortalecer la protección in situ y el manejo sustentable de los hábitats y especies más vulnerables de nuestro país, la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO) ha realizado varios análisis que han contado con una amplia participación de especialistas de diversas instituciones académicas y de investigación, organizaciones de la sociedad civil y dependencias gubernamentales de los tres niveles de gobierno. Estos análisis han evaluado los sistemas de áreas protegidas nacionales y regionales, sobre diversos aspectos como su representatividad y complementariedad, los patrones de distribución de la biota y la conectividad ecológica, entre otros, y son útiles en la planeación de estrategias de manejo y conservación y para brindar acceso a información sintetizada a los usuarios interesados.

Los primeros esfuerzos se iniciaron hace más de dos décadas al identificar las regiones prioritarias de México y las áreas de importancia para la conservación de las aves. Posteriormente, para dar cumplimiento al Programa de Trabajo sobre Áreas Protegidas de 2004 del Convenio sobre la Diversidad Biológica, la CONABIO en acuerdo con la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP) y con más de 260 colaboradores, coordinó los análisis de vacíos y omisiones en conservación del sistema de áreas protegidas con el enfoque de la planeación sistemática de la conservación. En conjunto, se incluyeron más de 3,500 coberturas de datos biológicos para determinar las prioridades con mayor detalle, además de incorporar los principales factores de presión y amenaza que comprometen la conservación de la diversidad biológica en el largo plazo.

Los sitios de atención prioritaria surgen como una propuesta de integración de los análisis de vacíos y omisiones de ambientes terrestres, acuáticos epicontinentales ("de agua dulce") y costeros, para distinguir entre los espacios naturales que cuentan con la mayor diversidad biológica y en mejor estado de conservación de los que requieren de esfuerzos para su recuperación; estos sitios son complementarios (CONABIO, 2021, recuperado de: https://www.biodiversidad.gob.mx/pais/planeacion-para-la-conservacion).

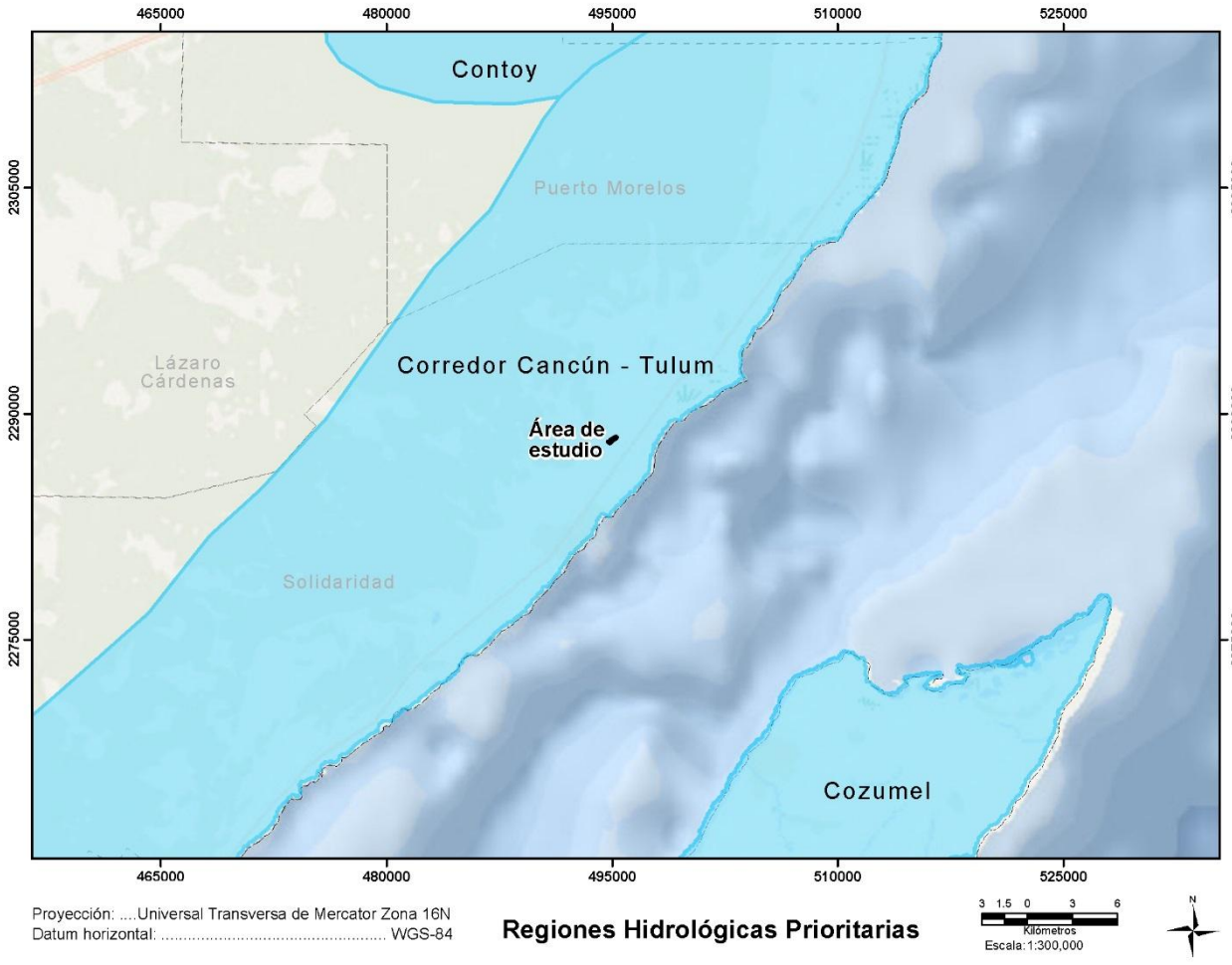
Por su ubicación, el Proyecto se encuentra aledaño o inmerso en algunas regiones y sitios prioritarios, tal y como se puede observar en las figuras que se insertan más adelante, por lo cual se presenta la vinculación del proyecto "Senderos Poniente" con los mismos, no obstante, es necesario indicar que el desarrollo del Proyecto no perjudicará las condiciones de estas zonas, además de que no existen instrumentos normativos que restrinjan actividades en las diversas regiones prioritarias indicadas por la CONABIO, por lo que no existe impedimento legal para el desarrollo de proyectos. No obstante, la designación de un área como sitio o región prioritaria debe considerarse como un compromiso intrínseco de conservación, de tal forma que cualquier desarrollo en éstas deberá contemplar medidas adicionales que reduzcan el impacto directo o indirecto a la biodiversidad.

3.4.10.1. Regiones Hidrológicas Prioritarias

La CONABIO formuló el Programa de Regiones Hidrológicas Prioritarias (RHP), con el objetivo de obtener un diagnóstico de las principales subcuencas y sistemas acuáticos del país considerando las características de biodiversidad y los patrones sociales y económicos de las áreas identificadas, para establecer un marco de referencia que pueda ser considerado por los diferentes sectores para el desarrollo de planes de investigación, conservación uso y manejo sostenido.

El Proyecto se ubica dentro de la RHP 105 Corredor Cancún - Tulum (Figura 3. 14).

Figura 3. 14. Ubicación del Proyecto respecto a la Región Hidrológica Prioritaria 105 Corredor Cancún - Tulum.



Las problemáticas señaladas para esta Región son las siguientes:

Tabla 3. 25. Vinculación del Proyecto con la problemática identificada para la Región Hidrológica Prioritaria 105 Corredor Cancún - Tulum.

Problemática	Proyecto
Modificación del entorno: Perturbación por complejos turísticos, obras de ingeniería para corredores turísticos, desforestación, modificación de la vegetación (tala de manglar) y de barreras	Si bien el Proyecto considera la modificación del entorno, se llevarán a cabo acciones de mitigación que contribuyan a disminuir las afectaciones al Sistema Ambiental, así como a la RHP. Dentro de

Problemática	Proyecto
naturales, relleno de áreas inundables y formación de canales.	estas acciones se presenta la propuesta del Subprograma Conservación de Especies, que entre otras medidas, contempla el rescate de las especies prioritarias y de las catalogadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010, identificadas en las áreas sujetas a remoción de vegetación; el establecimiento de áreas de conservación al interior del Proyecto y su reforestación, además de que las aguas residuales generadas por el Proyecto serán dirigidas a la red de drenaje municipal de CAPA, y se establecerán áreas ajardinadas con especies de la región a fin de favorecer la conservación de las mismas. Asimismo, es importante señalar que el Proyecto no representa una obra de ingeniería de gran impacto y, aunado a lo anterior, no se talarán especies de manglar, ni se realizará el relleno de áreas inundables ni se generarán canales.
Contaminación: Aguas residuales y desechos sólidos.	Con relación al Proyecto en comento se prevé el cumplimiento cabal de las normas oficiales mexicanas en materia de agua y desechos sólidos. Las aguas residuales generadas por el Proyecto serán enviadas a la red de drenaje municipal de la Comisión de Agua Potable y Alcantarillado (CAPA), llevándose bajo diseño de gravedad las aguas residuales. Respecto a los residuos sólidos, el Proyecto considera un Programa de Manejo Integral de Residuos, el cual establece las acciones que se deberán seguir para el correcto almacenamiento, manejo y disposición final de los residuos sólidos urbanos que se generen. De este modo se aclara que el Proyecto no contribuirá a la contaminación en la RHP debido a que realizará un adecuado manejo de sus aguas residuales generadas y de sus residuos sólidos.
Uso de recursos: Pesca ilegal en la laguna de Chacmuchuc y plantaciones de coco (*Cocos nucifera*).	Se cumple, ya que el Proyecto, bajo ningún motivo realizará actividades de pesca ni considera la plantación de coco (*Cocos nucifera*).

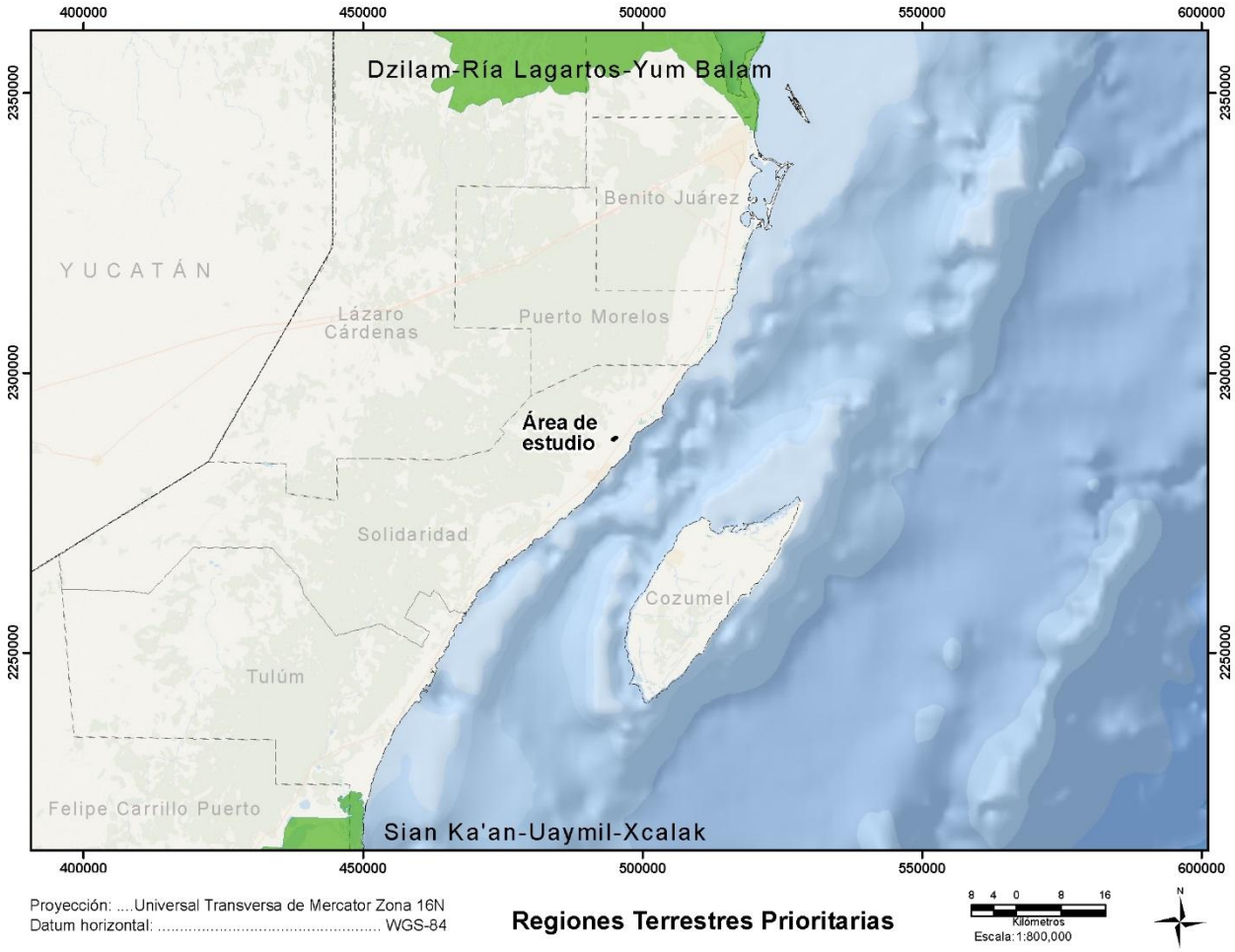
Con base en lo anterior, se destaca que el Proyecto no aumentará los problemas existentes en esta RHP, ya que considera la aplicación de medidas de mitigación y prevención para mantener las condiciones ambientales que prevalecen en la zona. Con la debida observación y cumplimiento de lo que las normas oficiales mexicanas establecen en materia de agua, así como las leyes que en la materia aplican, no existe contravención alguna entre el Proyecto y lo que se considera para la RHP en la que se ubica.

3.4.10.2. Regiones Terrestres Prioritarias

Las Regiones Terrestres Prioritarias (RTP), destacan por la presencia de una riqueza ecosistémica y específica comparativamente mayor que en el resto del país, así como una integridad ecológica funcional significativa y donde, además, se tenga una oportunidad real de conservación.

De acuerdo con la ubicación del Proyecto, éste no se ubica dentro de ninguna RTP (Figura 3. 15), por lo que no será necesaria su vinculación con esta RTP.

Figura 3. 15. Ubicación del Proyecto respecto de las Regiones Terrestres Prioritarias.

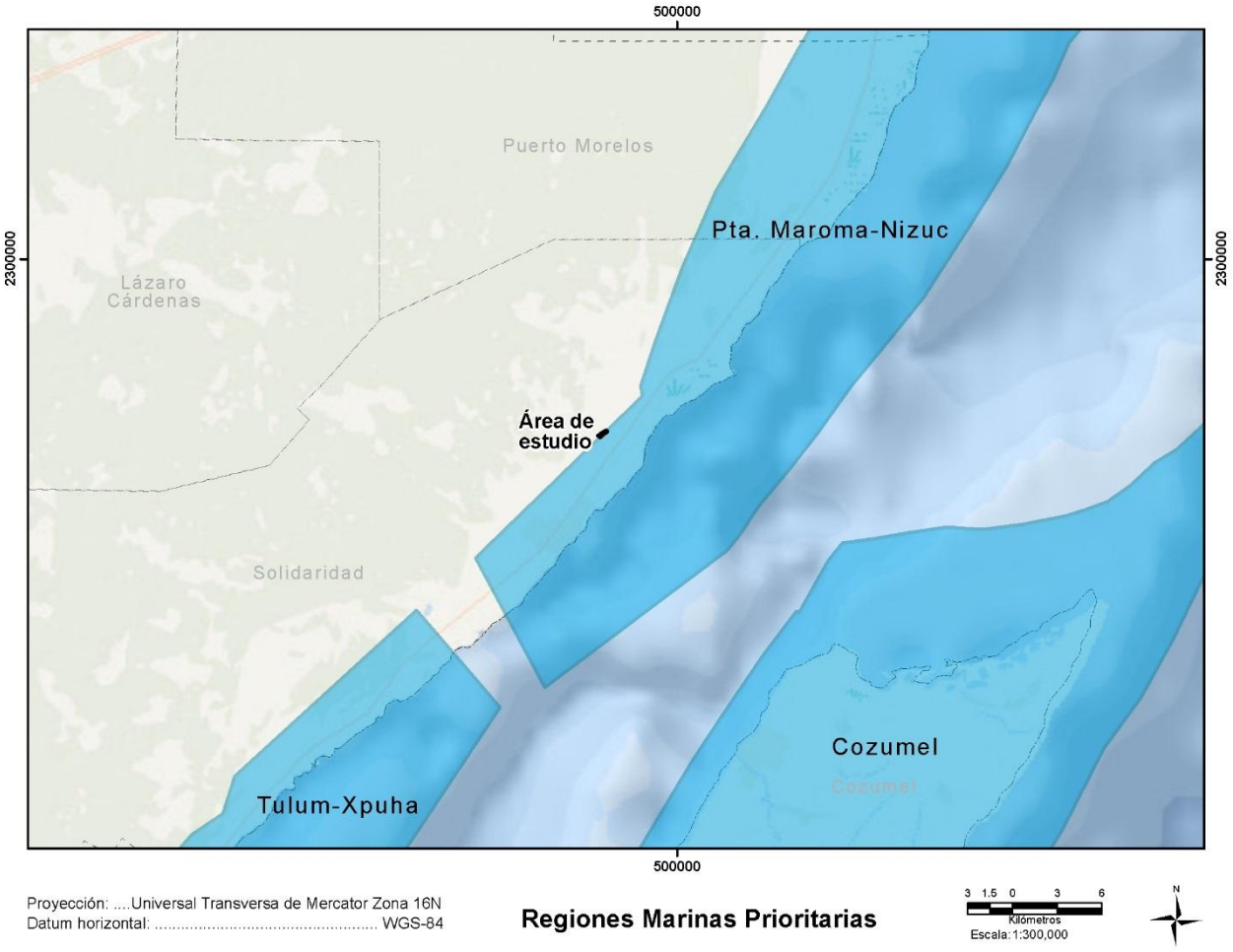


3.4.10.3. Regiones Marinas Prioritarias

La CONABIO instrumentó el Programa de Regiones Marinas Prioritarias de México (RMP), en el cual se llevó a cabo una clasificación de las 70 áreas prioritarias, considerando criterios ambientales (integridad ecológica, endemismo, riqueza, procesos oceánicos, etc.), económicos (especies de importancia comercial, zonas pesqueras y turísticas importantes, recursos estratégicos, etc.) y de amenazas (contaminación, modificación del entorno, efectos a distancia, especies introducidas, etc.).

Parte del Proyecto se ubica dentro de la RMP 63 Punta Maroma – Punta Nizuc (Figura 3. 16).

Figura 3. 16. Ubicación del Proyecto respecto a la Región Marina Prioritaria 63 Punta Maroma – Punta Nizuc.



Las problemáticas señaladas para esta Región son las siguientes:

Tabla 3. 26. Vinculación del Proyecto con la problemática identificada para la Región Marina Prioritaria 63 Punta Maroma – Punta Nizuc.

Problemática	Proyecto
Modificación del entorno: Tala de manglar, relleno de áreas inundables (pérdida de permeabilidad de la barra), remoción de pastos marinos, construcción sobre bocas, modificación de barreras naturales. Daño al ambiente por embarcaciones pesqueras, mercantes y turísticas. Existe desforestación (menor retención de agua) e impactos humanos (Cancún y otros desarrollos turísticos). Blanqueamiento de corales.	No se realizará tala de manglar, relleno de áreas inundables, construcción sobre bocas, modificación de barreras naturales o remoción de pastos marinos. Tampoco se prevé la utilización de embarcaciones pesqueras ni turísticas en el Proyecto.
Contaminación: Por descargas urbanas y falta de condiciones de salubridad.	El SMGA establece distintas medidas de mitigación y compensación para hacer frente a esta problemática. Aunado a lo anterior, el Proyecto no tiene considerado realizar descargas al acuífero, ni el subsuelo.
Uso de recursos: Presión obre peces (boquinete) y langostas. Pesca ilegal en la laguna Chakmochuk; campamentos irregulares en el área continental del Municipio de Isla Mujeres.	No se realizarán actividades de pesca en el Proyecto. Asimismo, no se prevé el aprovechamiento de ninguna especie enlistada en esta problemática.
Especies introducidas: *Cassuarina* spp y *Columbrina* spp.	No se introducirán ninguna de estas especies.

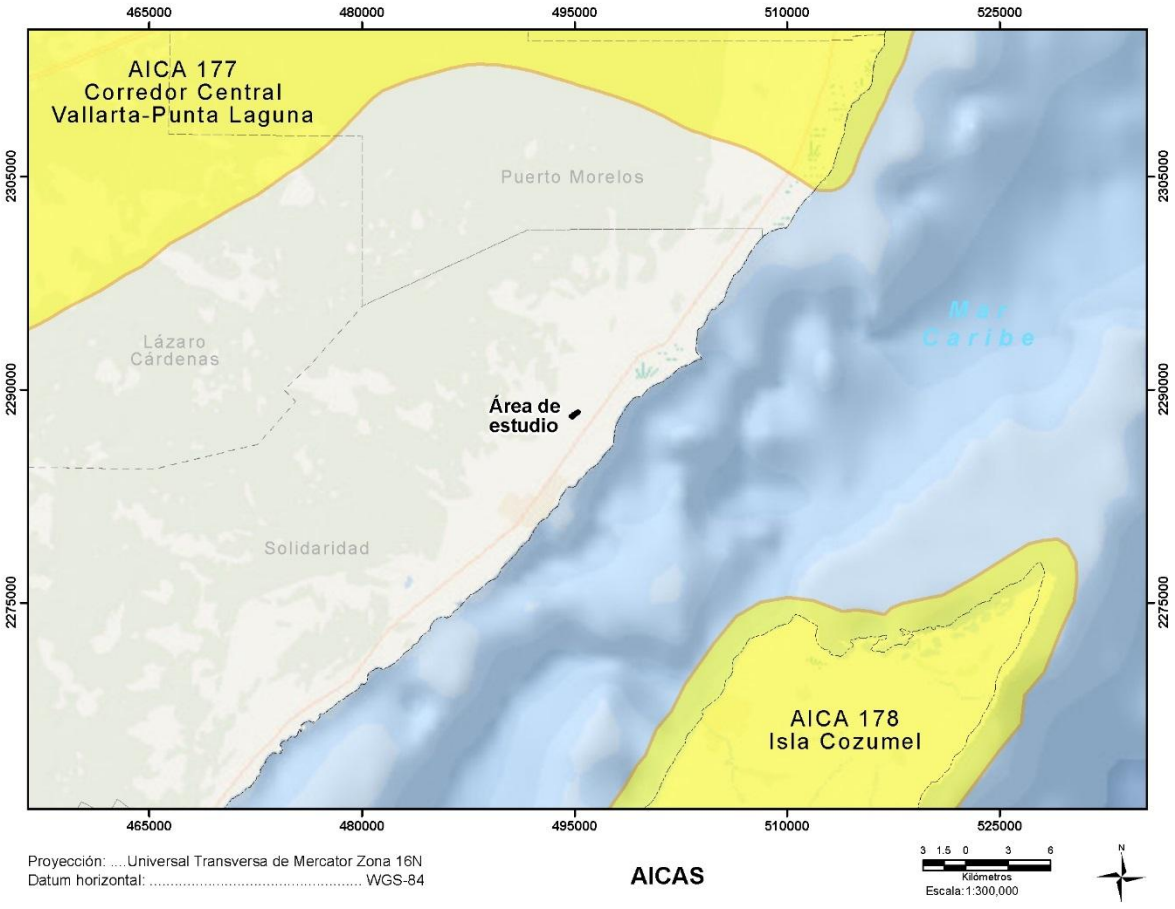
De esta forma, se puede observar que el Proyecto no contribuye a incrementar la problemática identificada para esta RMP.

3.4.10.4. Áreas de Importancia para la Conservación de las Aves

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

El Proyecto no se ubica dentro del ámbito de aplicación de alguna AICA (Figura 3. 17), por lo que no será necesaria su vinculación.

Figura 3. 17. Ubicación del Proyecto respecto de las Áreas de Importancia para la Conservación de las Aves.



3.4.10.5. Sitios Prioritarios

Tal y como fue comentado con anterioridad, el predio del Proyecto no se encuentra dentro de ningún sitio prioritario, lo que se puede corroborar en la Figura 3. 18, Figura 3. 19 y Figura 3. 20. En razón de lo anterior y las distancias existentes, se omite su vinculación con los Sitios Prioritarios más cercanos.

Figura 3. 18. Ubicación del Proyecto respecto a los Sitios Prioritarios de Manglar más cercanos.

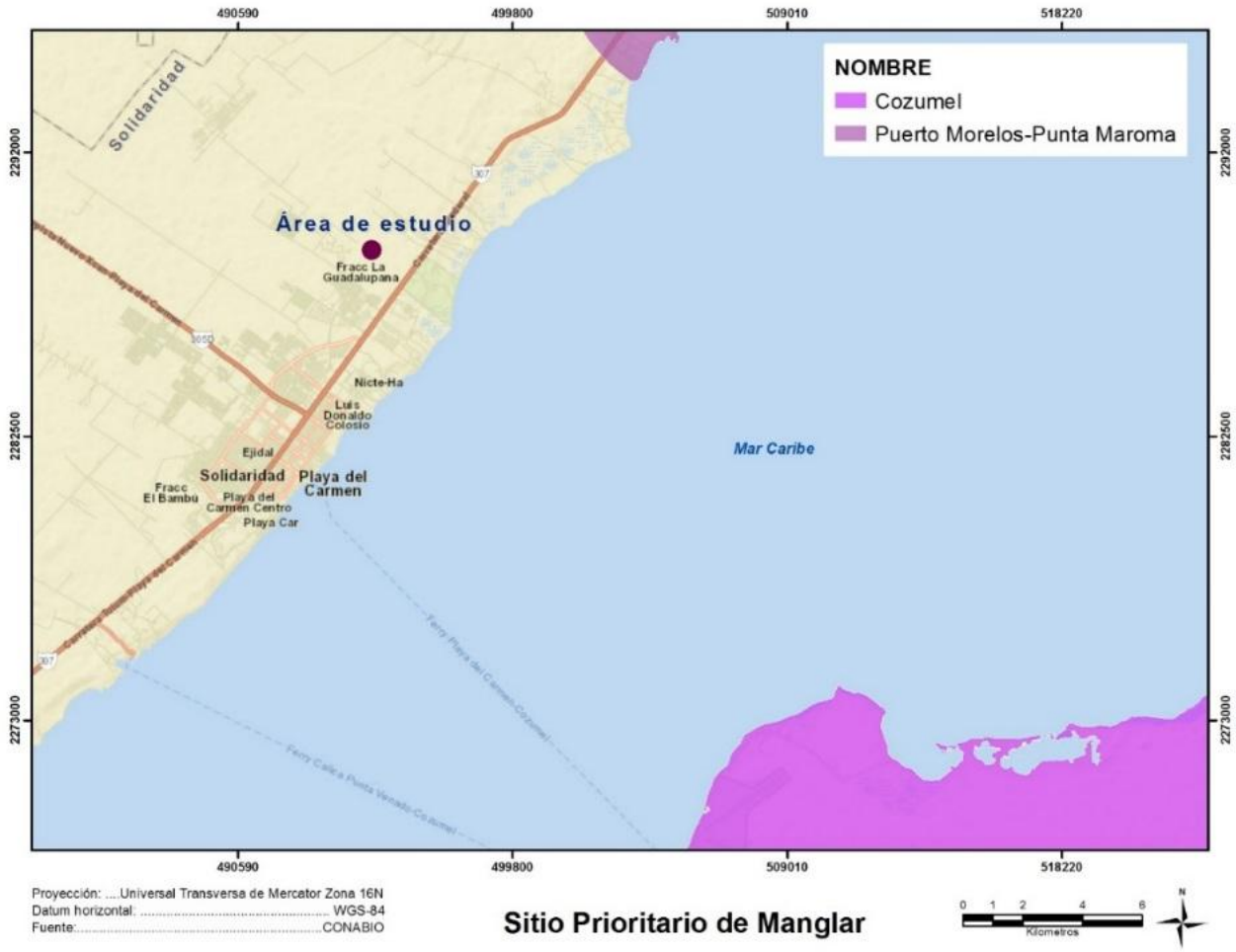


Figura 3. 19. Ubicación del Proyecto respecto a los Sitios Prioritarios Marinos más cercanos.

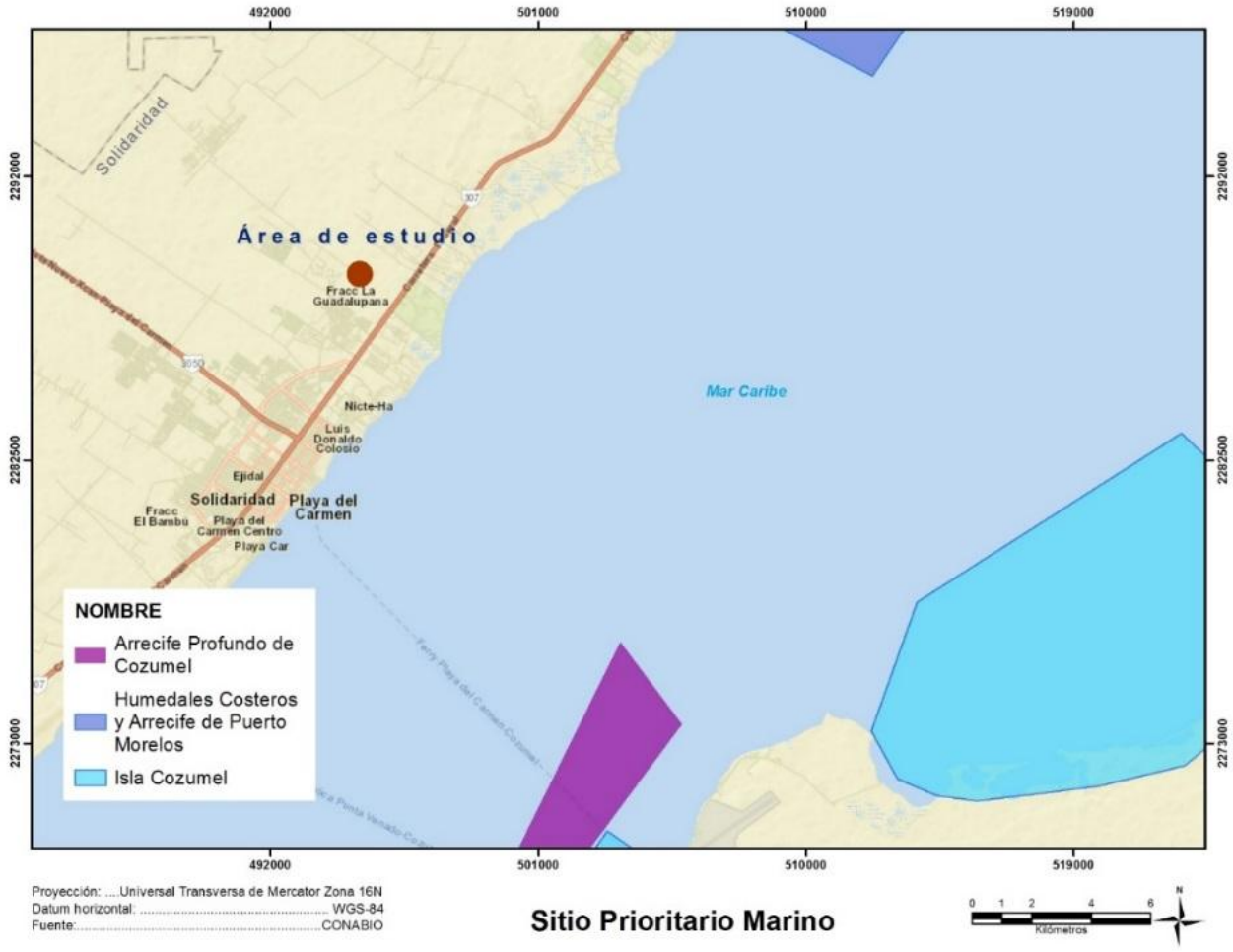
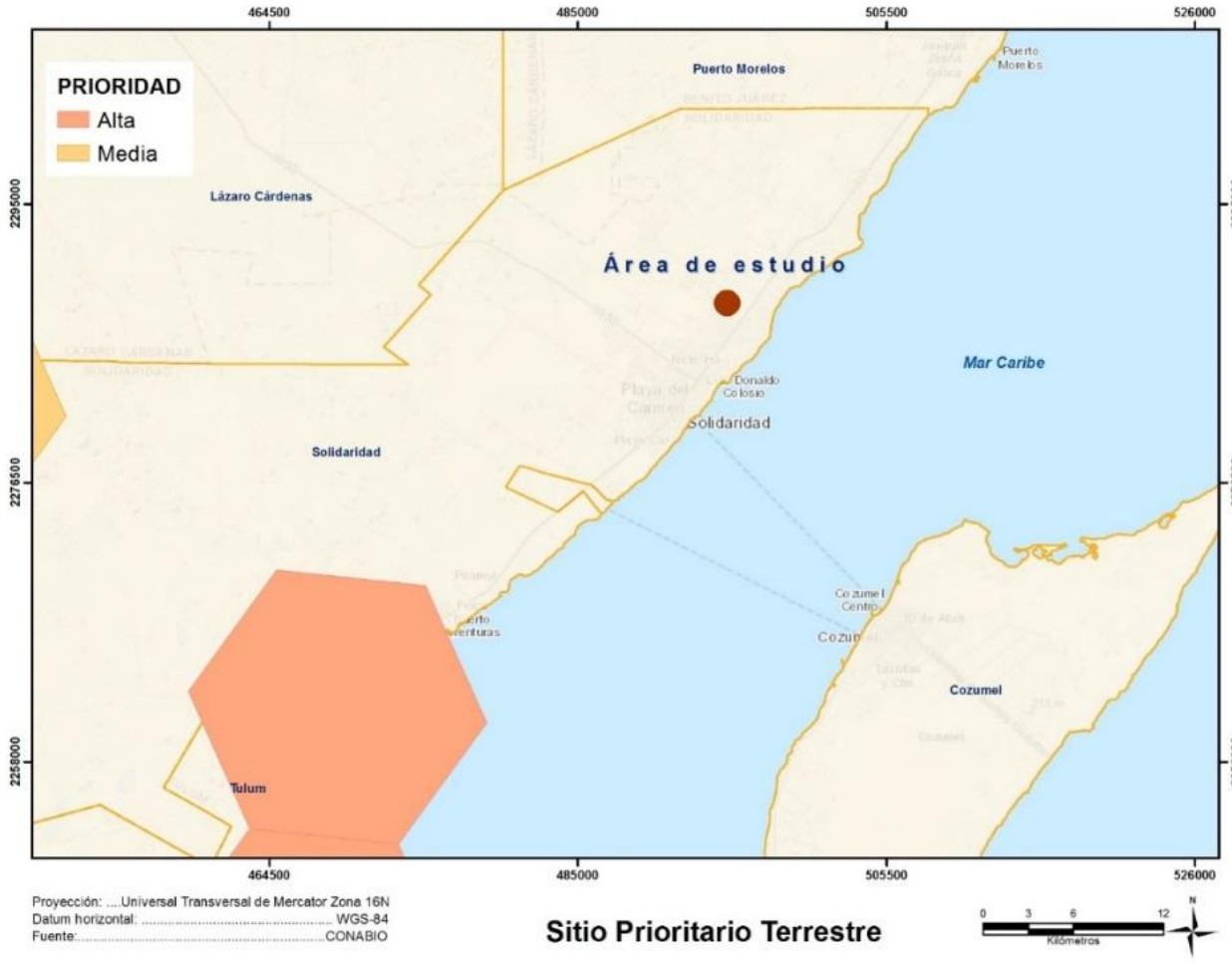


Figura 3. 20. Ubicación del Proyecto respecto a los Sitios Prioritarios Terrestres más cercanos.



3.4.11. Sitios Ramsar

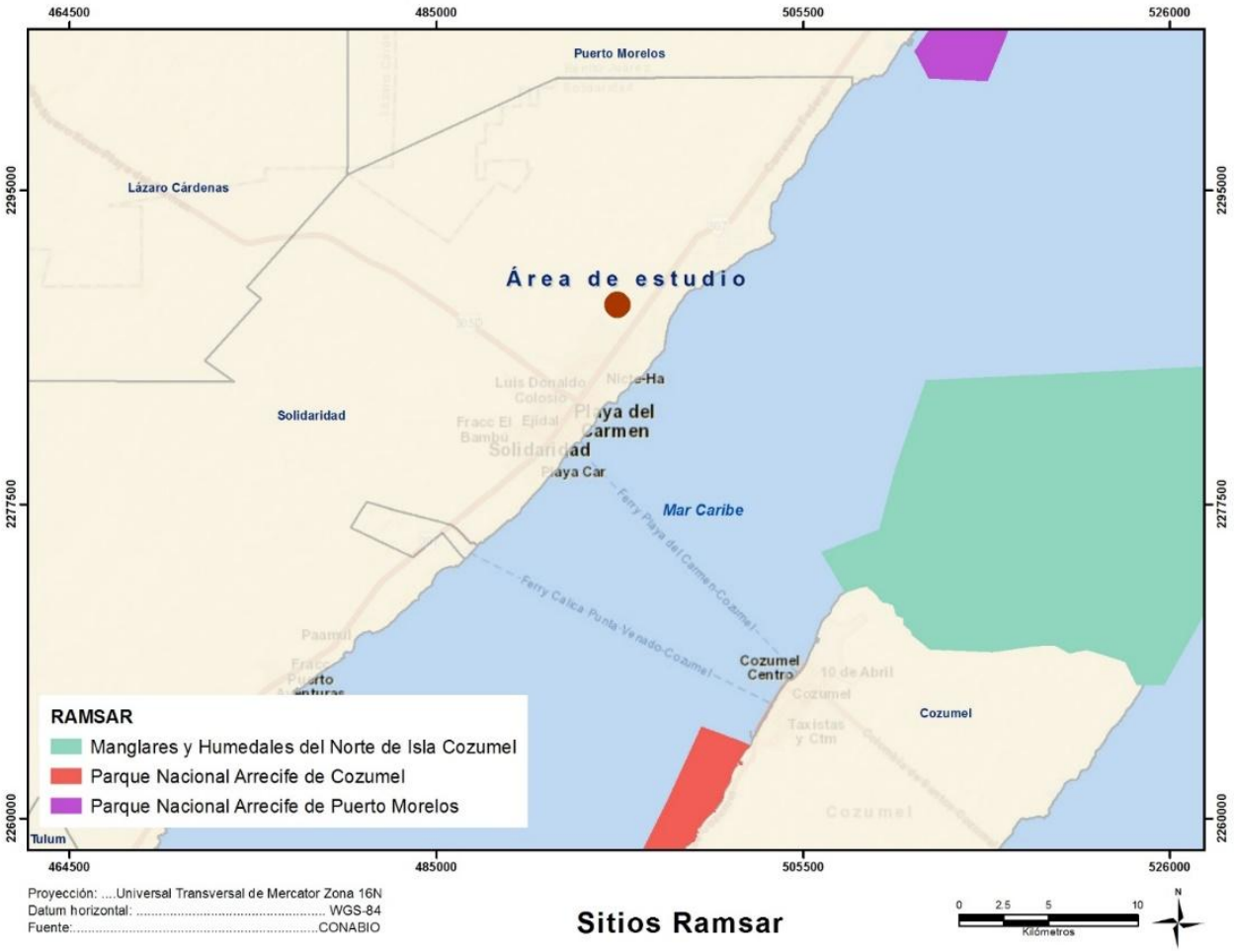
El Convenio de Ramsar o Convención relativa a los Humedales de Importancia Internacional especialmente como hábitats de aves acuáticas, fue aprobado en la ciudad de Ramsar, Irán, el 2 de febrero de 1971 y entró en vigor en 1975. México se adhiere a la Convención a partir del 4 de noviembre de 1986.

La Convención de Ramsar, es un tratado intergubernamental que sirve de marco para la acción nacional y la cooperación internacional en pro de la conservación y el uso racional de los humedales y sus recursos. La misión de la Convención es “la conservación y el uso racional de los humedales mediante acciones locales y nacionales y gracias a la cooperación internacional, como contribución al logro de un desarrollo sostenible en todo el mundo”.

Hasta 2019, la Convención contaba con 171 Partes Contratantes, con un total de 2,389 sitios designados como humedales de importancia internacional, cubriendo un área de 253,870,077 ha. México tiene actualmente 142 humedales de importancia internacional, ocupando el segundo lugar a nivel mundial.

El Proyecto no se ubica en alguno de los sitios Ramsar de los incorporados a esta Convención, para el estado de Quintana Roo (Figura 3. 21), por lo que no será necesaria su vinculación.

Figura 3. 21. Ubicación del Proyecto respecto de los sitios Ramsar.



3.4.12. Normas Oficiales Mexicanas

Este marco jurídico está sustentado en la Ley Federal de Metrología y Normalización, la cual es de orden público y rige a nivel nacional. Y, de acuerdo con esta Ley, en su artículo 3, fracción XI, las normas oficiales mexicanas implican "*la regulación técnica de observancia obligatoria expedida por las dependencias competentes, que establece reglas, especificaciones, atributos, directrices, características o prescripciones aplicables a un producto, proceso, instalación, sistema, actividad, servicio o método de producción u operación, …*".

Respecto al tema ambiental, la Ley indica que las normas oficiales mexicanas (NOM) deben tener la finalidad de indicar las características y/o especificaciones, criterios y procedimientos que permitan proteger y promover el mejoramiento del medio ambiente y los ecosistemas, así como la preservación de los recursos naturales. Por lo que, con esta finalidad, la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales ha emitido una serie de NOM comprendiendo diferentes aspectos ambientales, como la calidad del agua, calidad de las descargas de aguas residuales, calidad del aire, generación de ruido, emisión de contaminantes por fuentes móviles y fijas a la atmósfera, clasificación de residuos, protección de la flora y fauna silvestre, entre otras.

La observancia y aplicación de las NOM depende de las obras, actividades, metodologías a emplearse durante el desarrollo de los proyectos y de características ambientales del área donde se desarrollará. Considerando la naturaleza del proyecto que nos ocupa cobra relevancia la observancia, y en un momento dado la aplicación de 21 NOM, mismas que se indican en la Tabla 3. 27.

Tabla 3. 27. Vinculación del Proyecto con la Normas Oficiales Mexicanas de aplicación general.

Norma Oficial Mexicana	Vinculación con El Proyecto
Agua	
NOM-001-SEMARNAT-1996, Que establece los límites permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en aguas y bienes nacionales.	**SE CUMPLE** Se cumplirá lo establecido en el numeral 4 de la NOM en cuestión. Se acatarán las especificaciones y métodos de prueba aquí plasmado para cumplir cabalmente con las prácticas adecuadas respecto a las descargas de aguas residuales.
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.	**SE CUMPLE** El Proyecto cumplirá con los estándares establecidos en esta Norma Oficial respecto a los límites máximos permisibles para contaminantes de las descargas de aguas residuales, pH, temperatura y especificaciones. Asimismo, se emplearán los métodos de prueba establecidos en esta NOM.
Residuos	
NOM-052-SEMARNAT-2005, Que establece las características, el procedimiento de identificación, clasificación y los listados de los residuos peligrosos.	**SE CUMPLE** Los residuos peligrosos que se generen recibirán el tratamiento que refiere la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos y su reglamento. Asimismo, se contará con un Programa de Manejo Integral de Residuos apegado al programa autorizado del proyecto Ciudad Mayakoba.
NOM-054-SEMARNAT-1993, Que establece el procedimiento para determinar la incompatibilidad entre dos o más residuos considerados como peligrosos.	**SE CUMPLE** Se tomarán en cuenta esos criterios para evitar la mezcla de residuos en los sitios de almacenamiento temporal.

Norma Oficial Mexicana	Vinculación con El Proyecto
NOM-161-SEMARNAT-2011, Que establece los criterios para clasificar los residuos de manejo especial y determinar cuáles están sujetos a plan de manejo; el listado de los mismos, el procedimiento para la inclusión a dicho listado; así como los elementos y procedimientos para la formulación de planes de manejo.	**SE CUMPLE** El Programa de Manejo Integral de Residuos planteado, se elaboró con observancia y apego a la referida norma NOM-161-SEMARNAT-2011.
Ruido	
NOM-076-SEMARNAT-2012, Que establece los niveles máximos permisibles de emisión de hidrocarburos no quemados, monóxido de carbono y óxidos de carbono y óxidos de nitrógeno provenientes del escape, así como de hidrocarburos evaporativos provenientes del sistema de combustible, que usan gasolina, gas licuado de petróleo, gas natural y otros combustibles alternos y que se utilizarán para la propulsión de vehículos automotores con peso bruto vehicular mayor de 3,857 kilogramos nuevos en planta.	**SE CUMPLE** La maquinaria y vehículos de transporte estarán sometidos a un programa constante de mantenimientos preventivos, programados de acuerdo con la utilización de los mismos, lo que permitirá que se encuentren en buenas condiciones, y con esto contar con la máxima disponibilidad y utilidad de este equipo y de igual forma, minimizar al máximo las emisiones.
NOM-077-SEMARNAT-1995, Que establece el procedimiento de medición para la verificación de los niveles de emisión de la opacidad del humo proveniente del escape de los vehículos automotores en circulación que usan diésel como combustible.	**SE CUMPLE** La maquinaria y vehículos de transporte estarán sometidos a un programa constante de mantenimientos preventivos programados, de acuerdo con la utilización de los mismos, así como de verificaciones vehiculares, lo que permitirá que se encuentren en buenas condiciones, y con esto contar con la máxima disponibilidad y utilidad de este equipo
NOM-080-SEMARNAT-1994, Que establece los límites máximos permisibles de emisión de ruido proveniente del escape de los vehículos automotores, motocicletas y triciclos motorizados en circulación, y su método de medición.	**SE CUMPLE** El Proyecto verificará que los equipos que participen en las labores de preparación del sitio y construcción cumplan con los parámetros establecidos en la Norma en cuestión.
NOM-081-SEMARNAT-1994, Que establece los límites máximos permisibles de emisión de ruido de las fuentes fijas y su método de medición.	**SE CUMPLE** Se le dará mantenimiento a la maquinaria, para que estas estén en buen estado y no emitan ruido que rebasen los límites; estableciendo también mecanismos para verificar que se está dentro del rango de emisión permisible.
NOM-085-SEMARNAT-2011, Contaminación atmosférica-Niveles máximos permisibles de emisión de los equipos de combustión de calentamiento indirecto y su medición.	**SE CUMPLE** La operación de la maquinaria respetará los niveles de emisión que señala la NOM-085-SEMARNAT-2011.
Suelo	
NOM-060-SEMARNAT-1994, Que establece las especificaciones para mitigar los efectos adversos ocasionados en los suelos y cuerpos de agua por el aprovechamiento forestal.	**SE CUMPLE** Se realizará el astillado, acumulación y composteo *in situ* del material vegetal, posteriormente éste será esparcido sobre el suelo para facilitar su descomposición. Se realizarán acciones de restauración en las áreas que así lo requieran. No hay presencia de cuerpos de agua natural en el predio.

Norma Oficial Mexicana	Vinculación con El Proyecto
NOM-138-SEMARNAT-SSA1-2012, Límites máximos permisibles de hidrocarburos en suelos y las especificaciones para su caracterización y remediación.	**SE CUMPLE** Durante la operación del Proyecto se pueden suscitar derrames de combustibles debido a fallas o accidentes en maquinarias o recipientes; debido a esto, se consideran estrategias de acción en atención a contingencias, así como el almacenamiento temporal y disposición final de los residuos, los cuales serán manejados por empresas acreditadas ante la autoridad correspondiente. Todo lo anterior en apego a lo establecido en los diferentes programas y subprogramas que conforman el SMGA del Proyecto.
Flora y Fauna	
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.	**SE CUMPLE** Se realizó un estudio detallado de caracterización del Proyecto, Sistema Ambiental (SA) y Cuenca Hidrológica Forestal (CHF), que permitió verificar la existencia o no de especies listadas en esta norma; seis fueron las especies registradas: Flora: *Tabebuia chrysantha, Astronium graveolens, Thrinax radiata y Coccothrinax readii.* Fauna: *Eupsittula nana y Boa constrictor.* Las especies antes señaladas constituyeron la base del diseño de la propuesta del Subprograma de Conservación de Especies. En un apartado posterior se detallará el cumplimiento a esta NOM y las especies enlistadas que se encuentran en el Proyecto.
NOM-022-SEMARNAT-2003, Que establece las especificaciones para la preservación, conservación, aprovechamiento sustentable y restauración de los humedales costeros en zonas de manglar.	**SE CUMPLE** Dentro del predio del Proyecto no existen humedales costeros o manglares, por lo que se cumple con esta norma.
NOM-061-SEMARNAT-1994, Que establece las especificaciones para mitigar los efectos adversos ocasionados en la flora y fauna silvestre por el aprovechamiento forestal.	**SE CUMPLE** Se implementará un Subprograma de Conservación de Especies conforme a lo establecido en la fracción IX del artículo 141 del Reglamento de la LGDFS, para especies enlistada en la NOM-059-SEMARNAT-2010 y las de valor ecológico; éstas serán reubicadas en las áreas forestales de conservación dentro del mismo Proyecto (ver medidas de mitigación en el Capítulo 7).
Seguridad e Higiene Laboral	
NOM-001-STPS-2008, Edificios, locales, instalaciones y áreas en los centros de trabajo-Condiciones de seguridad e higiene.	**SE CUMPLE** Durante el tiempo que duren los trabajos relacionados a la construcción y puesta en marcha del Proyecto, se contará con las condiciones adecuadas para prevenir riesgos a los trabajadores.
NOM-002-STPS-2010, Condiciones de seguridad Prevención, protección y combate de incendios en los centros de trabajo.	**SE CUMPLE** Durante el desarrollo del Proyecto, se tendrá especial cuidado en supervisar las condiciones de seguridad para evitar situaciones de riesgo que puedan ocasionar

Norma Oficial Mexicana	Vinculación con El Proyecto
	incendios, además se contará con los extintores de acuerdo con el tipo de fuego que pueda ocasionarse.
NOM-006-STPS-2014 Manejo y almacenamiento de materiales – Condiciones de seguridad y salud en el trabajo.	**SE CUMPLE** Durante el tiempo que duren los trabajos relacionados a la construcción y puesta en marcha del Proyecto, se contará con las condiciones adecuadas para prevenir riesgos a los trabajadores manteniendo las áreas de almacenamiento en condiciones segura y señalizadas.
NOM-017-STPS-2008, Relativa al equipo de protección personal para los trabajadores en los centros de trabajo.	**SE CUMPLE** El personal que laborara deberá de contar con equipo de protección personal de acuerdo con las actividades que realice en el Proyecto, dando cumplimiento a la norma.
NOM-025-STPS-2008, Condiciones de iluminación en los centros de trabajo.	**SE CUMPLE** Se dispondrá de un sistema de iluminación en las instalaciones, para permitir la operación y el mantenimiento. El diseño de la iluminación incluirá requerimientos para casos de emergencia
NOM-003-SEGOB-2002, Señales y Avisos para Protección Civil. Colores, formas y símbolos a utilizar.	**SE CUMPLE** Durante la etapa de construcción y operación, los criterios de esta norma se cumplirán, colocando señalización conforme a la misma.

3.4.12.1. Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010

Esta norma tiene por objeto el identificar las especies o poblaciones de flora y fauna silvestres en riesgo en la República Mexicana, mediante la integración de las listas correspondientes, así como establecer los criterios de inclusión, exclusión o cambio de categoría de riesgo para las especies o poblaciones, mediante un método de evaluación de su riesgo de extinción.

Las disposiciones de esta norma son de observancia obligatoria en todo el Territorio Nacional, para las personas físicas o morales que promuevan la inclusión, exclusión o cambio de las especies o poblaciones silvestres en alguna de las categorías de riesgo que se establecen en el documento.

Como se indica en este DTU-BP, dentro del Proyecto, SA y CHF, se registraron especies de flora y fauna enlistadas por la NOM-059-SEMARNAT-2010, estas se presentan en la Tabla 3. 28.

Tabla 3. 28. Especies enlistadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010. Pr = sujeta a protección especial; A = amenazada.

Flora		
Nombre Científico	**Nivel de protección**	**Registro**
Thrinax radiata	**A**	Proyecto, SA y CHF
Coccothrinax readii	**A**	Proyecto, SA y CHF
Tabebuia chrysantha	**A**	SA y CHF
Astronium graveolens	**A**	SA y CHF
Fauna		
Nombre Científico	**Nivel de protección**	**Registro**
Eupsittula nana[9]	**Pr**	Proyecto, SA y CHF
Amazona albifrons	**Pr**	SA y CHF

[9] *Aratinga nana.*

Ctenosaura similis	**A**	SA y CHF
Leptophis mexicanus	**A**	SA y CHF
Rhinoclemmys areolata	**A**	SA y CHF
Kinosternon scorpioides	**Pr**	SA y CHF

Conforme a lo anterior, y en congruencia con lo dispuesto en esta norma, el Proyecto contempla la implementación de la propuesta del Subprograma de Conservación de Especies, conforme a la Fracción IX del artículo 141 del Reglamento de la LGDFS, a través de los cuales se ejecutarán medidas de rescate y protección para las especies sujetas a esta NOM. Este subprograma se puede revisar a detalle en el Capítulo 7 de este DTU-BP.

3.5. Conclusión Legal

El proyecto Rotonda ubicado en los Lotes 13 y 32, es un desarrollo habitacional-comercial dentro del plan maestro autorizado en materia de impacto ambiental Ciudad Mayakoba (antes “El Ximbal”), el cual tienen como objetivo proponer un desarrollo residencial conformado por lotes plurifamiliares y locales comerciales, que se integren de manera armónica al medio ambiente de la zona, buscando que se respete la integridad funcional de los ecosistemas y se conserve la biodiversidad regional dentro de la zona.

De esta forma, se propone un proyecto congruente con los ecosistemas existentes en el predio, por lo que por medio de este estudio se consideraron y evaluaron los posibles impactos ambientales que puede generar, diseñando estrictas medidas de prevención, mitigación y compensación eficientes, proporcionando las bases para el desarrollo del Proyecto sin una afectación que supere los límites establecidos, conforme a lo determinado en la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente.

ROTONDA

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

DOCUMENTO TÉCNICO UNIFICADO MODALIDAD B PARTICULAR

Contenido

CAPÍTULO 4. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA AMBIENTAL REGIONAL DEL PROYECTO 3
4.1. Introducción 3
4.2. Delimitación del área de estudio donde pretende establecerse el proyecto 4
4.2.1. Aspectos Ambientales 7
4.2.1.1. Fisiografía 8
4.2.1.2. Geomorfología 10
4.2.1.3. Vegetación 11
4.2.2. Aspectos Jurídicos 13
4.2.2.1. Programa de Ordenamiento Ecológico Local del Municipio de Solidaridad 13
4.2.2.2. Programa Parcial de Desarrollo Urbano El Jesusito 14
4.2.2.3. Áreas Naturales Protegidas 15
4.2.3. Aspectos Sociales – Urbanos 16
4.2.4. Delimitación del Sistema Ambiental 17
4.3. Caracterización y Análisis de la calidad ambiental del SA 29
4.3.1. Medio Abiótico 29
4.3.1.1. Climatología 29
4.3.1.2. Suelos 34
4.3.1.3. Fisiografía 38
4.3.1.4. Hidrografía 41
4.3.1.5. Geología 45
4.3.2. Medio Biótico 49
4.3.2.1. Vegetación 49
4.3.2.2. Fauna 92
4.3.3. Medio Socioeconómico 119
4.3.3.1. Localización Regional 119
4.3.3.2. Composición de la Estructura Poblacional 119
4.3.3.3. Crecimiento Demográfico 120
4.3.3.4. Distribución y Densidad Poblacional 120
4.3.3.5. Migración 122
4.3.3.6. Vivienda y Urbanización 123
4.3.3.7. Salud y Seguridad Social 124
4.3.3.8. Educación 125
4.3.3.9. Aspectos Económicos 125
4.3.4. Paisaje 128

4.4. Servicios Ambientales que Pudieran Ponerse en Riesgo por el Cambio de Uso del Suelo Propuesto 134
4.4.1. Identificación de los Servicios Ambientales que Pudieran Ponerse en Riesgo 135
4.4.2. Provisión del Agua en Calidad y Cantidad 136
4.4.3. Captura de Carbono, de Contaminantes y Componentes Naturales 140
4.4.4. Generación de Oxígeno 159
4.4.5. Amortiguamiento del Impacto de los Fenómenos Naturales 160
4.4.6. Modulación o Regulación Climática 161
4.4.7. Protección de la Biodiversidad, de los Ecosistemas y Formas de Vida 164
4.4.7.1. Vegetación 164
4.4.7.2. Fauna 169
4.4.8. Protección y Recuperación de Suelos 174
4.4.9. Paisaje y la Recreación 177
4.4.10. Conclusiones 181
4.5. Diagnóstico Ambiental 182

CAPÍTULO 4. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA AMBIENTAL REGIONAL DEL PROYECTO

4.1. Introducción

El Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en Materia de Impacto Ambiental (REIA) señala en su Artículo 13, Fracción IV que en la manifestación de impacto ambiental en su modalidad particular (MIA-P) deberá contener la "*descripción del sistema ambiental regional y señalamiento de tendencias del desarrollo y deterioro de la región*". Además, el Artículo 44, Fracción I de la REIA establece que la secretaría deberá considerar evaluar "*los posibles efectos de las obras o actividades a desarrollarse en el o los ecosistemas de que se trate, tomando en cuenta el conjunto de elementos que lo conforman, y no únicamente los recursos que fuesen objeto de aprovechamiento o afectación*".

En cumplimiento a lo anterior, en este capítulo se describe, caracteriza y presenta el diagnóstico del Sistema Ambiental (SA) y la Cuenca Hidrológica Forestal (CHF) del proyecto Rotonda (en adelante denominado el Proyecto). Asimismo, y con fundamento en bases científicas y técnicas, se identifican, describen y analizan los componentes ecológicos presentes a fin de identificar los efectos positivos y negativos que pudiera tener el desarrollo del Proyecto en la región.

El Sistema Ambiental (SA) se define como el "espacio geográfico delimitado e integrado estructural y funcionalmente por varias unidades ambientales". Bajo este concepto, el SA es la región ecológica donde los impactos acumulativos, sinérgicos y residuales, generados en las diversas etapas del Proyecto, pudieran ocasionar la destrucción, el aislamiento o la fragmentación de los ecosistemas, tal y como se establece en el inciso IV del Artículo 11 del REIA.

La delimitación del SA se realizó a partir del análisis de las interacciones presentes entre el Proyecto y su medio circundante, de manera que sea posible conocer en qué medida las diferentes actividades y obras consideradas por éste afectarán los atributos ambientales y, por otro lado, en qué sentido estos últimos pueden tener interacción con las características de la infraestructura y el desarrollo de las actividades previstas por el Proyecto.

Para la integración de este capítulo, se tomaron en consideración los siguientes insumos:

- Información técnica generada por especialistas en cada uno de los temas.
- Estudios de campo del área de estudio.
- Información satelital obtenida de Google Earth Pro.
- Bibliografía disponible del sitio de interés.
- Datos cartográficos oficiales, puestos a disposición por el Instituto Nacional de Estadística y Geografía.

A partir de la información obtenida, se realizó la corroboración de datos en campo, así como estudios de gabinete, con la finalidad de obtener información precisa sobre temas tales como la fisiografía, geología, edafología, vegetación y fauna para distintos niveles de extensión geográfica (Tabla 4. 1). Esta información ha sido utilizada como parte fundamental para el planteamiento y diseño del Proyecto.

Tabla 4. 1. Estructura general del contenido del Capítulo 4.

Contenido			Nivel de extensión territorial del área de estudio
Delimitación del área de estudio	Fundamento de la delimitación geográfica de los niveles de estudio	Cuencas y subcuencas hidrológico-forestales	CHF
			SA
		Unidades naturales / paisajes geomorfológicos	SA / Proyecto
		Zona de influencia directa	Proyecto
Descripción Ambiental	**Caracterización de la CHF y SA**		
	Aspectos Abióticos	Geología	CHF
			SA
			Proyecto
		Clima	CHF
			SA
			Proyecto
		Geomorfología	CHF
			SA
			Proyecto
		Geohidrología	CHF
			SA
			Proyecto
		Edafología	CHF
			SA
			Proyecto
	Aspectos Bióticos	Vegetación	CHF
			SA
			Proyecto
		Fauna	CHF
			SA
			Proyecto
	Aspectos Socioeconómicos	Contexto regional	Municipio de Solidaridad
Análisis Ambiental	**Diagnóstico Ambiental**		
	Condición Ambiental	Vegetación	CHF SA Proyecto
		Fauna	
		Unidades naturales del paisaje	

4.2. Delimitación del área de estudio donde pretende establecerse el proyecto

La península de Yucatán se ubica al sureste de la República Mexicana, en la porción septentrional de Mesoamérica. Está conformada por los estados de Yucatán, Quintana Roo y Campeche, aunque en sentido estricto de geografía física también la componen, la mitad norte de Belice y el Petén de Guatemala. Al extremo Norte de la Península se divide el Golfo de México del Mar Caribe, al Sur se ubica la República de Guatemala y Belice, al Este colinda con el Mar Caribe y al Oeste – Suroeste con el Golfo de México y los estados de Tabasco y Chiapas.

El estado de Quintana Roo, se sitúa al este de la península de Yucatán. Colinda al noroeste con el estado de Yucatán, al oeste con el estado de Campeche, al norte con el Golfo de México, al este con el Mar Caribe y al sur delimita la frontera con Belice y la República de Guatemala. Tiene una superficie estimada de 50, 212 km^2 (Figura 4.1).

Figura 4.1. Ubicación de la península de Yucatán y el estado de Quintana Roo.

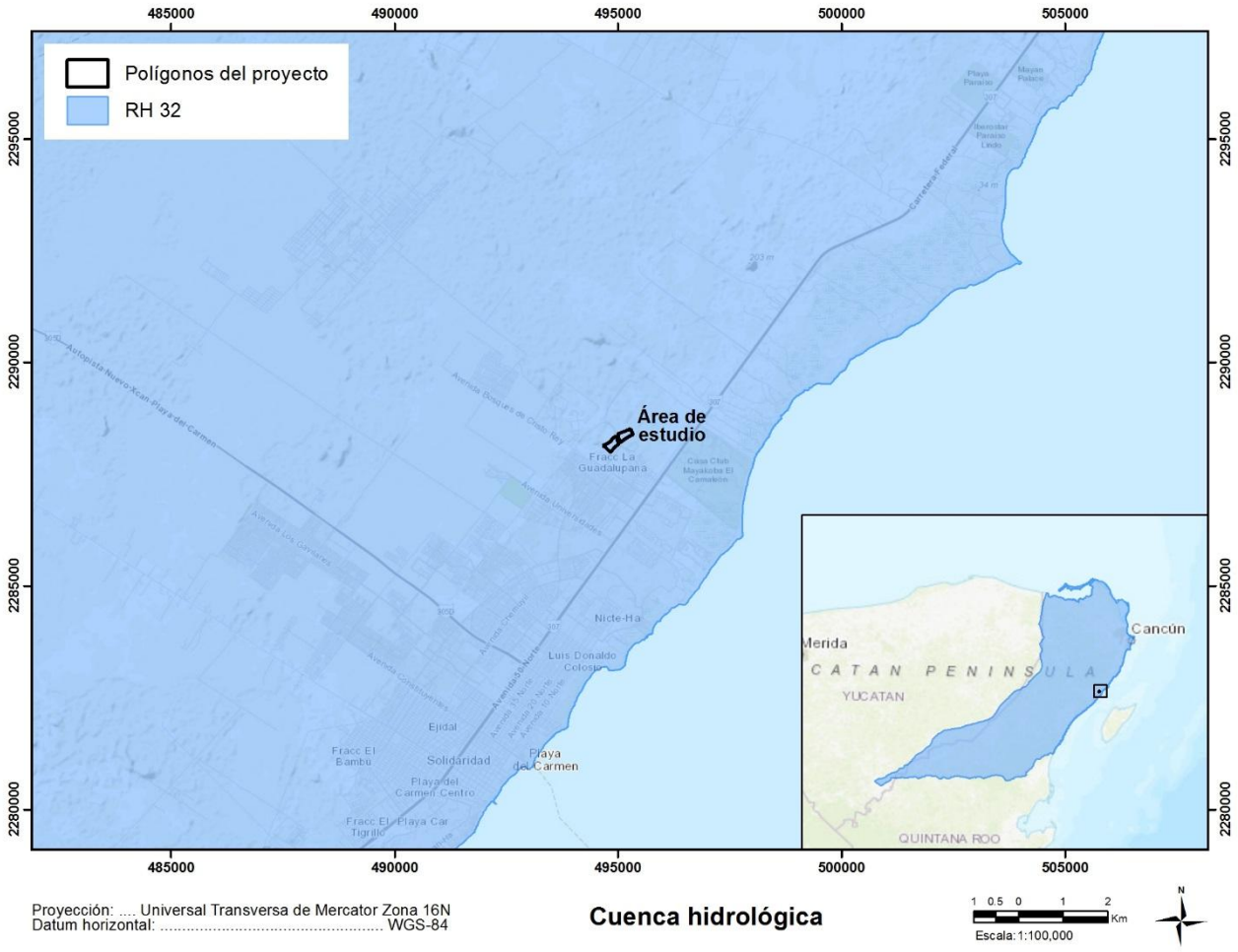


El Proyecto (ubicado en el Lote 13 y Lote 32 conforme a la lotificación establecida por el Plan Maestro Ciudad Mayakoba), se encuentra dentro de un área con antecedentes en materia ambiental y forestal del proyecto denominado Ciudad Mayakoba (antes “El Ximbal”), cuenta con autorizaciones en materia de impacto ambiental y cambio de uso de suelo forestal con números de oficio SGPA/DGIRA/DG/04219 y 03/ARRN/1476/13.

El Plan Maestro Ciudad Mayakoba se ubica dentro de un Sistema Ambiental (SA) denominado Unidad Suburbana Norte localizada dentro de la zona costera con presencia de ecosistemas costeros que recibe el nombre de Costa del Mar Caribe (Ortiz 2006); corresponde a una planicie ondulada de relieve cárstico y cuenta con un patrón de ambientes que se disponen en forma de franjas paralelas a la costa. El SA en mención se ubica terreno adentro, en el margen de la planicie ondulada de playas antiguas del Pleistoceno (Ward, 1997), donde los cuerpos de agua son aislados, la vegetación predominante es de selva baja y mediana subperennifolia (Ortiz, 2006). A su vez, la unidad hidrológica del SA, corresponde a la zona interna inundable inserta en la planicie ondulada de la península de Yucatán, con altitud promedio de 7 msnm, en donde se desarrollan procesos cársticos de disolución, por lo que se presentan formaciones como dolinas, cenotes, simas, sumideros y cavernas.

Además, se resalta que el Proyecto y SA se encuentran en la CHF de la región hidrológica RH32 “A” (Quintana Roo) subcuenca “d” (zona que comprende el tramo de Playa del Carmen – Puerto Morelos). La RH 32, ocupa el 31.77% de su superficie estatal; sus límites en la entidad son: al norte el Golfo de México, al este el Mar Caribe, al sur la Región Hidrológica 33 (RH33) y al oeste el estado de Yucatán donde continua (INEGI, 2002)[1]. En la Figura 4.2 se observa la localización del Proyecto con respecto a la CHF.

Figura 4.2. Localización del Proyecto respecto de la Cuenca Hidrológica Forestal.



El SA se define como “*el espacio finito definido con base en las interacciones entre los medios abióticos, bióticos y socio-económico de la región donde se pretende establecer el proyecto, generalmente formado por un conjunto de ecosistemas y dentro del cual se aplicará un análisis de los problemas, restricciones y potencialidades ambientales y de aprovechamiento*”[2].

[1] Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). 2002. Estudio Hidrológico del Estado de Quintana Roo. 96pp.
[2] Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales. 08 de febrero de 2008. Guía para la Elaboración de la Manifestación de Impacto Ambiental Regional. Obtenido de: https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/121011/Guia_MIA-Regional.pdf.

De acuerdo al Artículo 11, Fracción IV del Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en Materia de Evaluación del Impacto Ambiental, el SA constituye la extensión geográfica donde tiene lugar los impactos acumulativos, sinérgicos y residuales que pudieran ocasionar la destrucción, el aislamiento o la fragmentación de los ecosistemas[3].

Y conforme a la Guía para la Elaboración de la Manifestación de Impacto Ambiental Regional, el área de influencia es el *"espacio físico asociado al alcance máximo de los impactos directos e indirectos ocasionados por el proyecto en el sistema ambiental o región, y que alterará algún elemento ambiental".*

Bajo estos contextos, para el establecimiento de los límites del SA, como primer paso, se definió la escala adecuada y objetiva en la que el Proyecto potencialmente podría influir en los componentes ambientales y sociales, considerando como principal elemento los impactos antes mencionados, así como la extensión geográfica donde tendrían lugar dichos impactos.

Posteriormente, esta primera aproximación a la delimitación del SA, fue perfeccionada considerando los siguientes aspectos:

- Aspectos ambientales: Fisiografía, geomorfología y vegetación, etc.
- Aspectos jurídicos: Instrumentos jurídicos referentes al ordenamiento del territorio y áreas naturales protegidas.
- Aspectos sociales – urbanos: Vías de comunicación, construcciones, etc. (limitantes físicas que representan barreras naturales frente a la propagación o dispersión de algún impacto definido para cada uno de los componentes del medio).

4.2.1. Aspectos Ambientales

Pare este aspecto fue considerada la información técnico-científica generada para el área de interés, mediante estudios especializados realizados con campañas de trabajo en sitio, así como información documental analizada, tanto del medio biótico y abiótico, encontrándose entre la más relevante la siguiente:

- Estudio geohidrológico elaborado en 2012 por el Ingeniero Miguel Villasuso pino para el proyecto Ciudad Mayakoba.
- Estudio de la caracterización ambiental de la vegetación elaborado en 2012 por el Biólogo Edgar Cabrera Cano para el proyecto Ciudad Mayakoba.
- Estudio de la caracterización ambiental de vertebrados terrestres y acuáticos continentales elaborado en 2012 por el Biólogo Hugo Rivas García.
- Manifestación de impacto ambiental modalidad regional del proyecto "El Ximbal" (ahora Ciudad Mayakoba).

[3] Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en Materia de Evaluación del Impacto Ambiental. Diario Oficial de la Federación, México, 30 de mayo de 2000. Última reforma publicada DOF 31 de octubre de 2014.

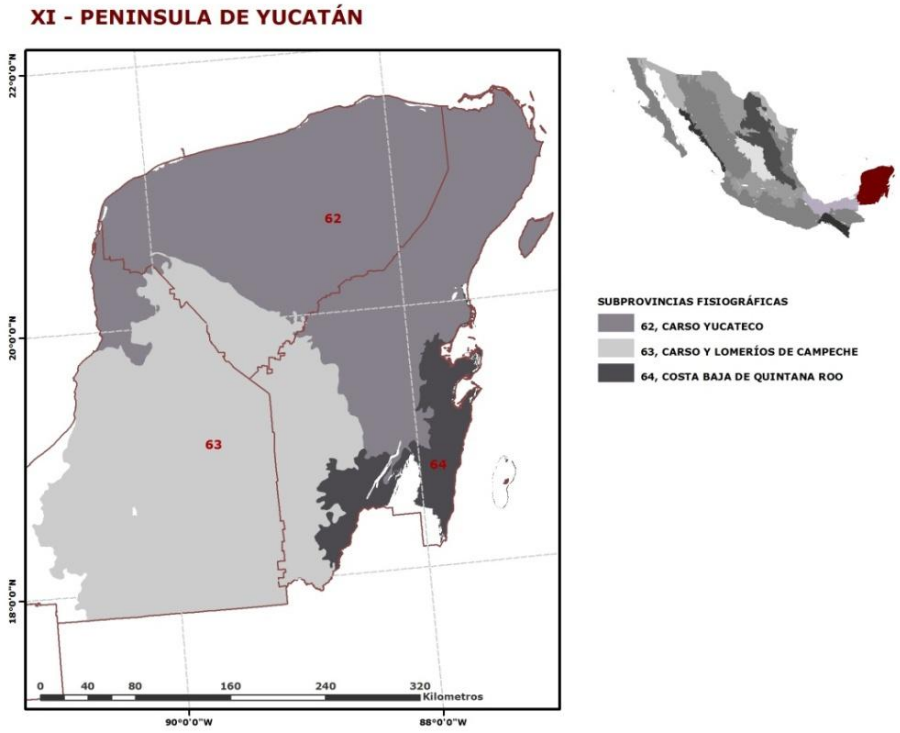
- Estudio de la caracterización ambiental de la vegetación elaborado en 2025 por el [redacted] para el proyecto Rotonda.

- Estudio de la caracterización ambiental de vertebrados terrestres elaborado en 2025 por el [redacted] para el proyecto Rotonda.

4.2.1.1. Fisiografía

La península de Yucatán se formó por sedimentación calcárea encontrándose en un principio cubierta por un mar de poca profundidad, que fue emergiendo poco a poco unos centímetros cada siglo adquiriendo una forma de relieve plana con escasa elevación y una ligera inclinación de sus pendientes y de sus leves contrastes topográficos llegando a conformar parte de la provincia fisiográfica llamada Península de Yucatán.

Figura 4.3. Provincia fisiográfica Península de Yucatán (Cervantes-Zamora, 1990).



De acuerdo al Estudio Hidrológico (INEGI, 2002), el estado de Quintana Roo queda ubicado en esta provincia, misma que a su vez se divide en tres subprovincias:

- Carso y Lomeríos de Campeche.
- Carso Yucateco.
- Costa Baja de Quintana Roo.

La subprovincia Carso Yucateco, donde se ubica la cuenca 32A (subcuenca “d”), cubre una mayor extensión de superficie del Estado llegando hasta la costa norte de la entidad, en donde se ubica el Proyecto, desde el punto de vista topográfico se trata de una planicie calcárea modelada posteriormente por una intensa disolución, manifestada por la presencia de rasgos de disolución. Durante el cuaternario esta planicie es modificada por la formación de pantanos y lagunas, así como la acumulación de abundantes depósitos de litoral, litificación de depósitos eólicos y por la formación de playas y dunas arenosas.

Esta subprovincia se distingue por su topografía cárstica, la cual presenta desde oquedades minúsculas hasta grandes depresiones (localmente denominadas cenotes) y en algunas de las cuales se asoma la superficie freática. Casi en toda su extensión carece de sistema de drenaje superficial, generalmente es una llanura con piso rocoso segmentado y salino con presencia de playas y duna costera.

Figura 4.4. Provincias y subprovincias fisiográficas a nivel regional.



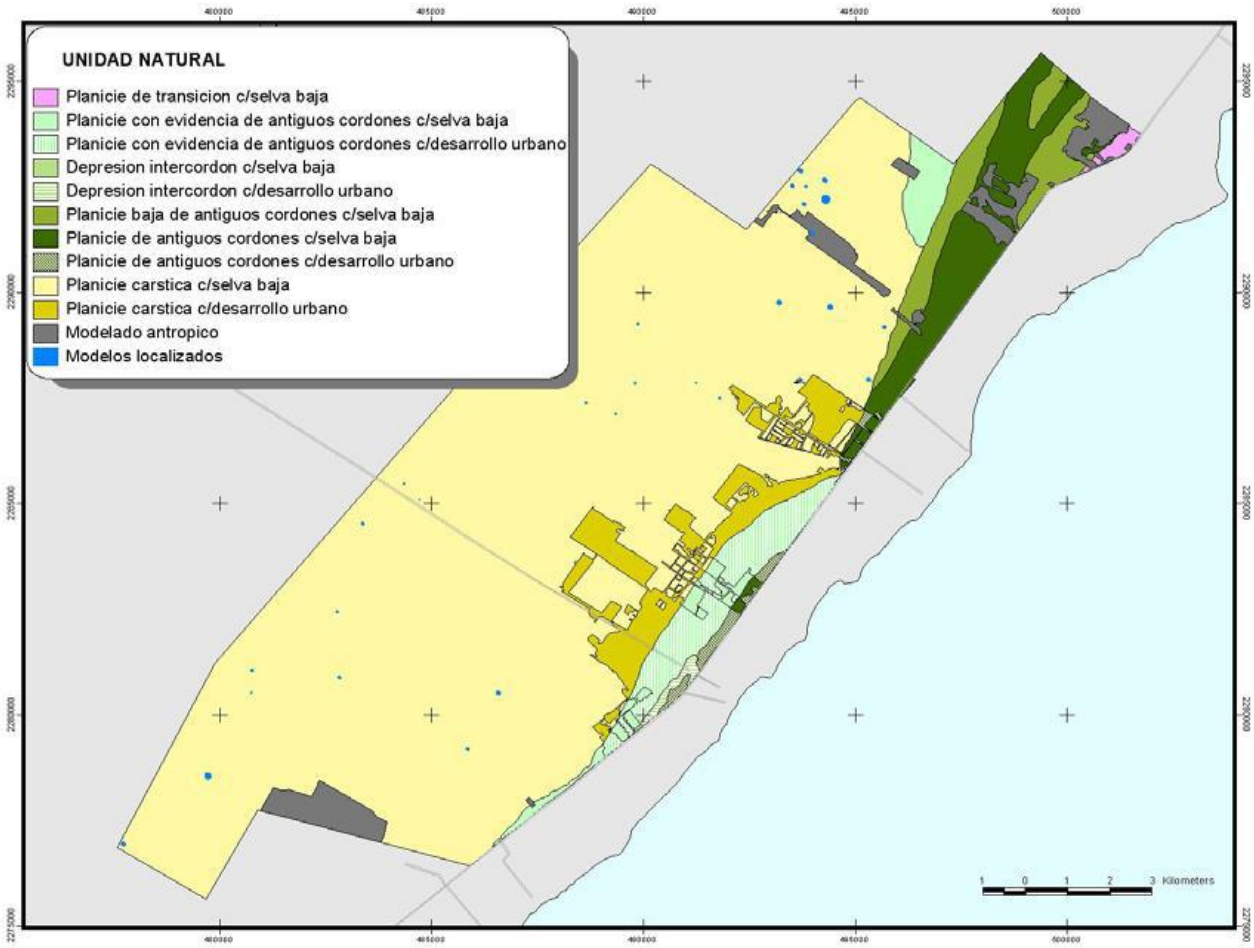
4.2.1.2. Geomorfología

En la MIA-R del proyecto autorizado Ciudad Mayakoba, en el que se inserta el Proyecto que aquí nos ocupa, se determinaron, caracterizaron y describieron, con base en fotografía aérea y análisis topográfico, las principales unidades geomorfológicas definiendo las unidades naturales del su SA denominado Unidad Suburbana Norte. Para los objetivos de ese análisis se consideró a la carretera federal 307 como un límite físico real del SA, ya que ha fragmentado y aislado la vegetación de la parte estrictamente costera (llanura litoral). Por esta razón, en la Figura 4.5 se evidencian dos tipos principales de ambientes terrestres: la planicie de antiguos cordones de playa (predominio en color verde) y la planicie cárstica (predominio en amarillo). Estos ambientes, integran diversas unidades con características naturales específicas:

- **La planicie de antiguos cordones**, compuesta por areniscas poco consolidadas del Pleistoceno, se encuentra separada de la llanura de inundación por una terraza costera que provoca una ruptura de pendiente que lleva a la formación de depresiones, en algunos casos de 1 a los 7 msnm. En esta zona la meteorización (fisicoquímica de las rocas) es evidente; en ella predomina la selva baja subcaducifolia en proceso de recuperación y las áreas con desarrollo urbano de alta densidad, cuya vegetación está compuesta por malezas arbóreas aisladas.

- **La planicie cárstica**, compuesta por calizas y coquinas del Mioceno-Plioceno, por denudación y disolución de carbonatos. En esta amplia zona predomina la selva baja subcaducifolia con desarrollo secundario, y áreas con desarrollo urbano de alta densidad, cuya vegetación se compone por malezas arbóreas aisladas y especies de ornato. En el SA también se hace presente el modelado antrópico de carácter tecnógeno, por movimientos de tierra y acumulación de escombro.

Figura 4.5. Unidades naturales del SA del proyecto autorizado Ciudad Mayakoba. Fuente: MIA-R Ciudad Mayakoba (antes "El Ximbal").



De manera particular el Proyecto, se localiza dentro de la unidad natural definida como planicie cárstica.

4.2.1.3. Vegetación

Por su origen geológico el corredor Cancún-Tulum donde se ubica el Proyecto, se caracteriza por estar constituido en forma de franjas geomorfológicamente diferenciables paralelas al mar, las cuales en un trayecto desde el mar hacia el continente son las siguientes: (1) La playa, (2) la duna costera; (3) la cuenca o depresión paralela al mar, antigua laguna arrecifal; (4) el talud; y (5) la terraza de antiguos cordones de duna.

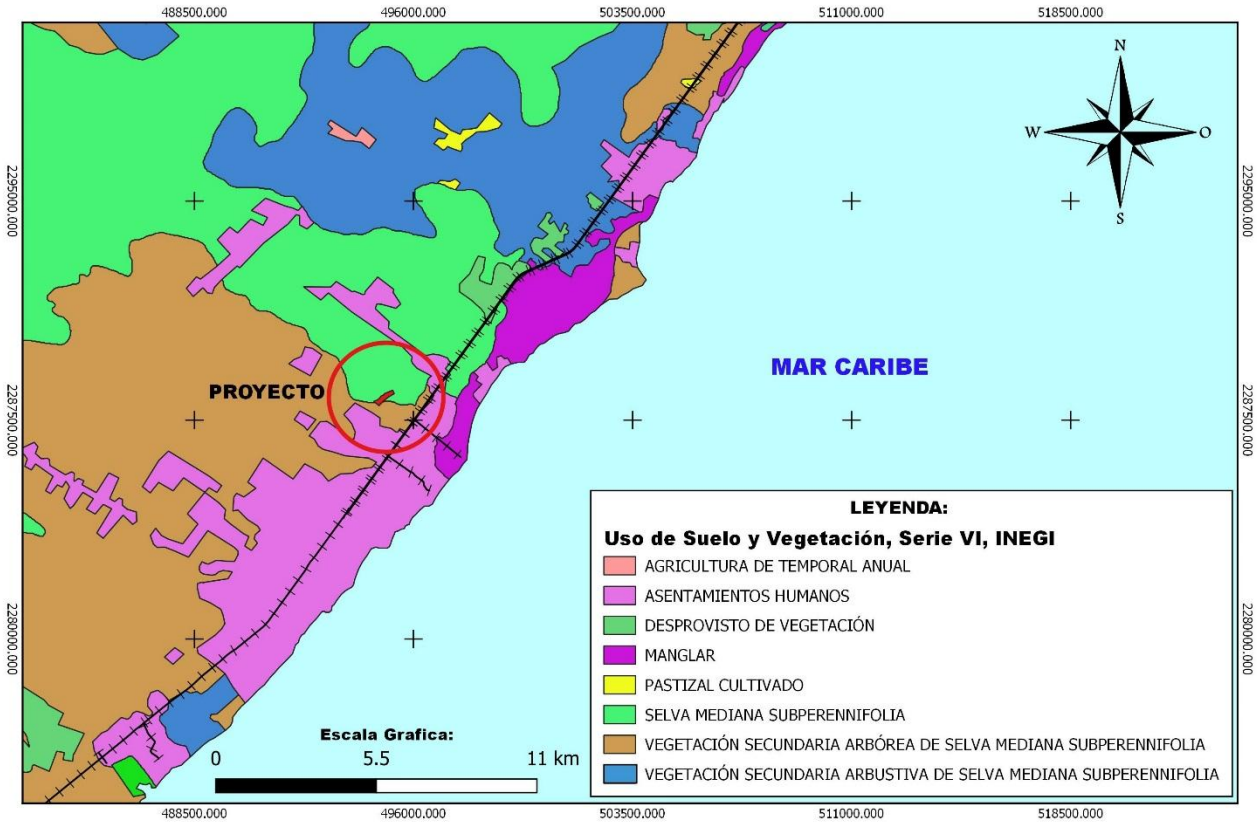
A su vez, este arreglo geomorfológico secuencial determina diferencias topográficas que conjuntamente con la edafología e hidrología predominante en cada una estas geoformas, posibilitan el desarrollo de tipos de vegetación claramente diferenciables. Este marco abiótico da soporte a la carencia o a la existencia de diferentes tipos de vegetación de la siguiente manera: la playa sin vegetación; la duna costera con vegetación de matorral costero y palmar; el humedal con predominio de manglar y otros tipos de vegetación de humedal; el talud con selva inundable o de transición; y finalmente la terraza de antiguos cordones de duna ocupada por selva baja y selva baja y mediana (Figura 4.6).

Figura 4.6. Perfil esquemático topográfico de las geoformas y los tipos de vegetación que las ocupan.



De acuerdo con la caracterización ambiental de la vegetación realizada en 2022, el tipo de vegetación que se desarrolla en el Proyecto de acuerdo a la cartografía de uso de suelo y vegetación serie VI del Instituto Nacional de Estadística y Geografía corresponde con selva mediana subperennifolia (Figura 4. 7).

Figura 4. 7. Uso de suelo y vegetación donde se ubica el Proyecto.



4.2.2. Aspectos Jurídicos

Para la definición del SA, fueron considerados los siguientes instrumentos normativos: Programa de Ordenamiento Ecológico Local del Municipio de Solidaridad, Programa Parcial de Desarrollo Urbano el Jesusito y áreas naturales protegidas.

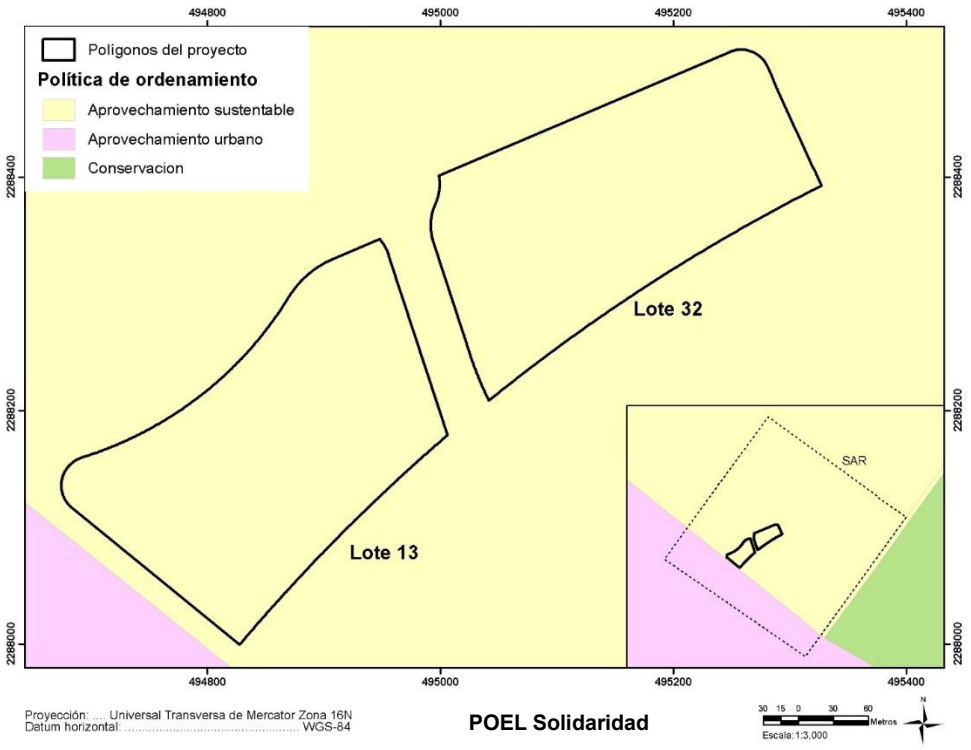
Es preciso señalar que, tanto el Programa de Ordenamiento Ecológico Local del Municipio de Solidaridad, así como el Programa Parcial de Desarrollo Urbano el Jesusito, como instrumentos reguladores del territorio consideran como criterios centrales para su formulación factores sociales (población, comunidad), culturales, factores abióticos (rasgos fisiográficos, geomorfológicos, edafológicos, hidrográficos, meteorológicos, etc.), factores bióticos (vegetación), factores ambientales (unidades ambientales o ecosistemas), usos de suelo, entre otros.

4.2.2.1. Programa de Ordenamiento Ecológico Local del Municipio de Solidaridad

El Proyecto es regulado por el Programa de Ordenamiento Ecológico Local del Municipio de Solidaridad, el cual fue publicado en el Periódico Oficial del Estado de Quintana Roo el 25 de mayo de 2009.

De acuerdo a lo establecido en este instrumento, el Proyecto se ubica en la unidad de gestión ambiental (UGA) 14 Reserva Urbana Norte-Sur de Playa del Carmen (Figura 4. 8), la cual presenta una política ambiental de “Aprovechamiento Sustentable”, considerando una vocación de uso del suelo “Urbana”, con usos condicionados ecoturístico, turístico, industrial, minería, UMA’s, deportivo, parque recreativo, comercial, reserva natural y equipamiento.

Figura 4. 8. UGA del Programa de Ordenamiento Ecológico Local del Municipio de Solidaridad aplicable al Proyecto.

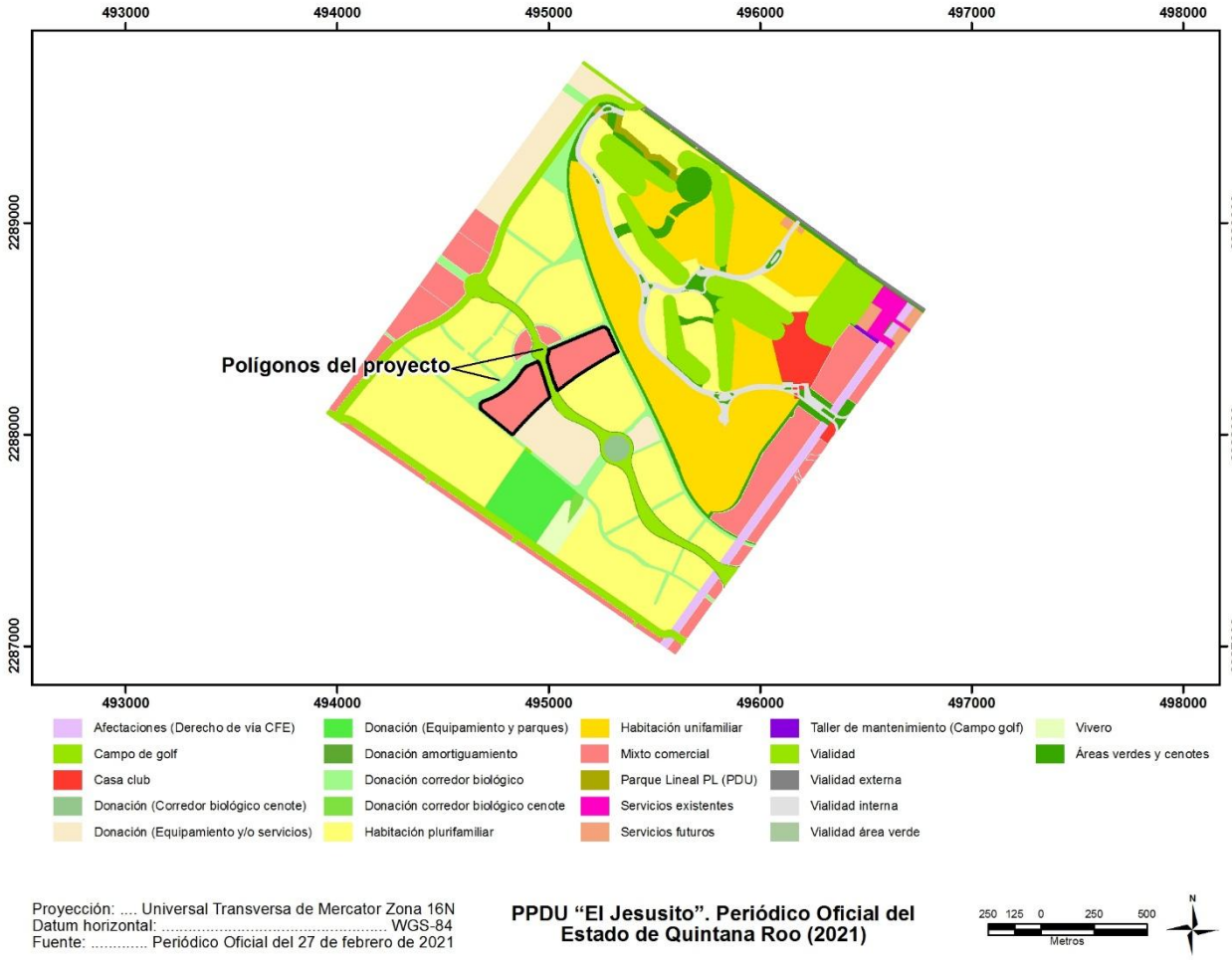


4.2.2.2. Programa Parcial de Desarrollo Urbano El Jesusito

El Proyecto es regulado por el Programa Parcial de Desarrollo Urbano El Jesusito (PPDU-J), el cual fue publicado en el Periódico Oficial del Estado de Quintana Roo (PO) el 29 de marzo de 2013 y modificado el 10 de marzo de 2016.

De acuerdo a lo establecido en este instrumento, y posteriores polígonos de actuación definidos y publicados en el PO, el uso de suelo aplicable al Proyecto corresponde con Mixto Comercial. Cabe señalar que la zonificación secundaria, así como los usos y destinos del suelo definidos por el PPDU-J fueron determinados con base a la normatividad del Programa Municipal de Desarrollo Urbano del Municipio de Solidaridad, el Programa de Desarrollo Urbano de Playa del Carmen y el Programa de Ordenamiento Ecológico Local del Municipio de Solidaridad, de acuerdo a lo establecido en sus UGA 10 y 14.

Figura 4. 9. Ubicación del Proyecto dentro del Programa Parcial de Desarrollo Urbano El Jesusito.



4.2.2.3. Áreas Naturales Protegidas

Las áreas naturales protegidas (ANP) son instrumentos de política ambiental diseñados para la protección de elementos naturales, bienes y servicios ambientales o procesos ambientales determinados, su aplicación se encuentra en función directa de lo establecido en su decreto y/o en su programa de manejo según sea el caso.

Por su ubicación geográfica, el Proyecto no se localiza dentro del polígono de alguna ANP de carácter federal, estatal o municipal; tampoco es colindante con éstas (Figura 4. 10 y Figura 4. 11).

Figura 4. 10. Ubicación geográfica de las áreas naturales protegidas federales cercanas al Proyecto.

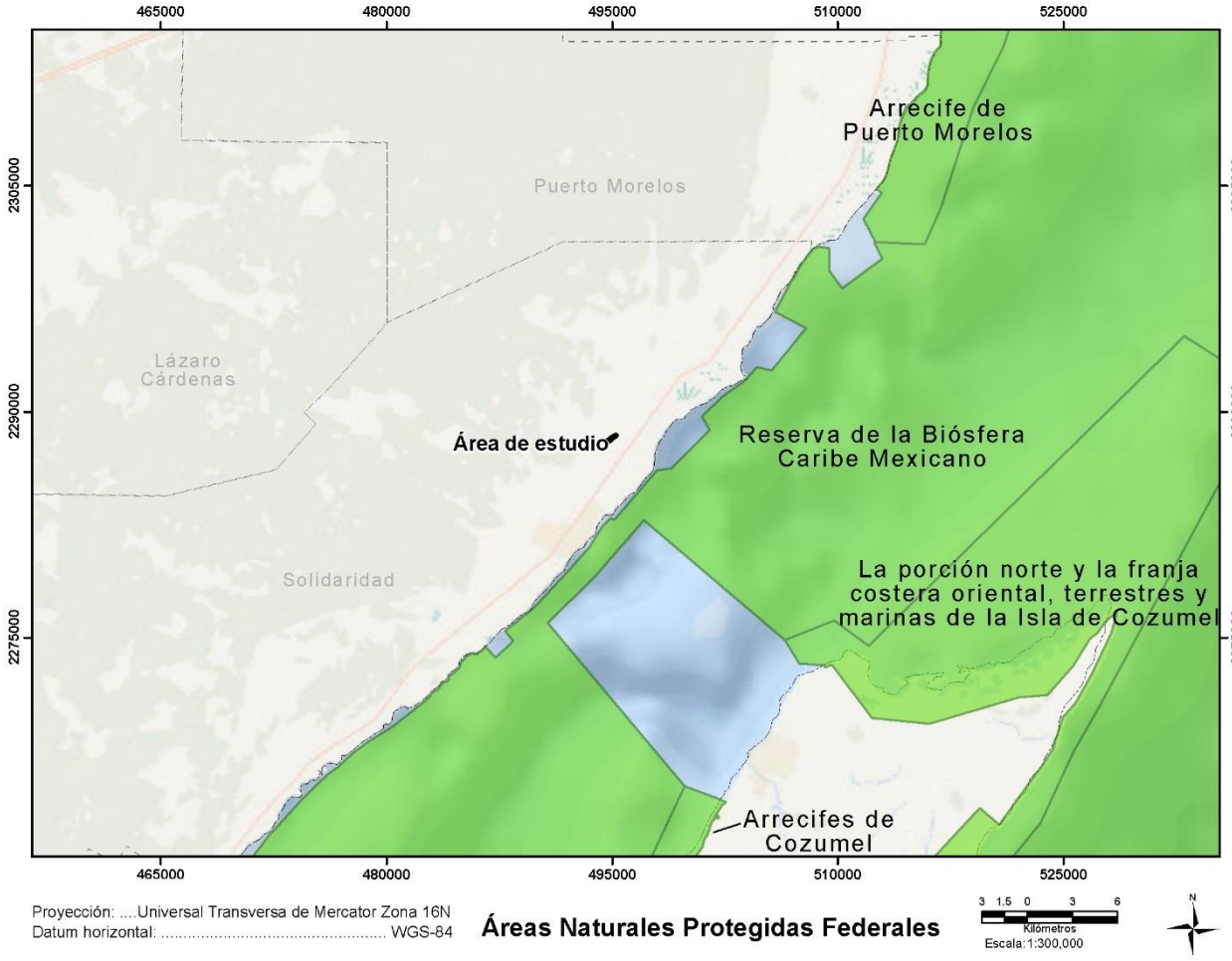
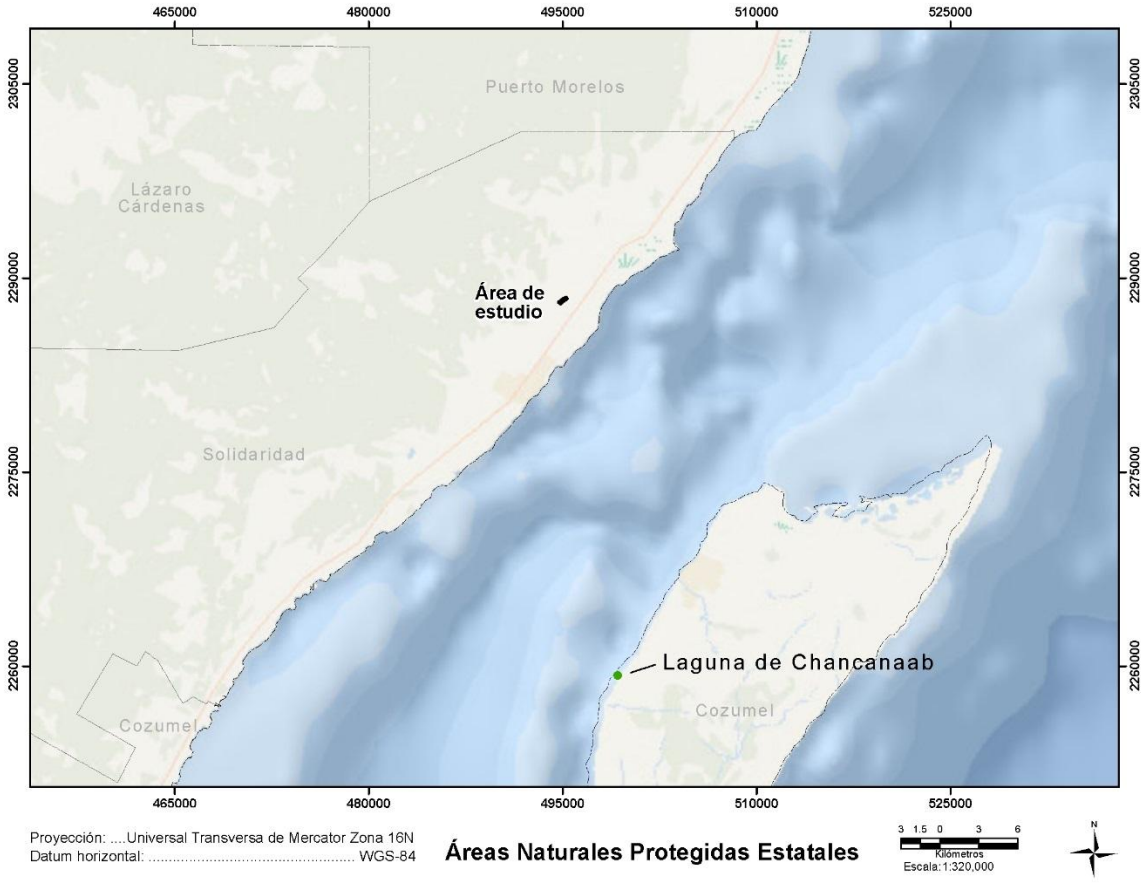


Figura 4. 11. Ubicación geográfica de las áreas naturales protegidas estatales y municipales cercanas al Proyecto.



4.2.3. Aspectos Sociales – Urbanos

Como se mencionó en el Capítulo 1 de este documento, el Proyecto se localiza a la altura del kilómetro 298 de la carretera federal 307 Reforma Agraria – Puerto Juárez, en la zona norponiente de la ciudad de Playa del Carmen, municipio de Solidaridad, Quintana Roo.

Los lotes 13 y 32 que conforman el Proyecto se ubican al interior del Plan Maestro Ciudad Mayakoba, el cual cuenta con las con las autorizaciones correspondiente en materia de impacto ambiental y cambio de uso de suelo forestal con números de oficio SGPA/DGIRA/DG/04219 y 03/ARRN/1476/13.

El Proyecto se ubica en un área caracterizada por el desarrollo urbano y turístico, asociados al crecimiento proyectado para la ciudad de Playa del Carmen y la región conocida como Riviera Maya. En esta área se puede observar la operación de hoteles, fraccionamientos habitacionales, construcción de vialidades, etc. (Figura 4.).

Figura 4.12. Ubicación del Proyecto sobre fotografía satelital tomada de Google Earth, año 2025.



4.2.4. Delimitación del Sistema Ambiental

De acuerdo a lo previamente presentado, la definición del SA, obedeció a diferentes criterios que permiten garantizar que la evaluación de los impactos ambientales y el seguimiento de los mismos, sea considerado como objetivo y dirigido a reducir los riesgos inherentes del Proyecto.

Al respecto, es importante señalar que en su momento fue definido el correspondiente SAR para el proyecto Ciudad Mayakoba, para lo cual se tomó en cuenta que un sistema ambiental, puede definirse como un espacio geográfico descrito e integrado estructural y funcionalmente, por el área del proyecto y 2) su zona de influencia directa e indirecta:

1. La *zona de influencia directa* (*ZID*) es aquella superficie en la que un proyecto genera impactos ambientales de tipo directos (p. ej. áreas de desplante y construcción, áreas con potencial riesgo de contaminación y contingencias ambientales, entre otras).

2. La *zona de influencia indirecta* (*ZII*) corresponde a la superficie que no es transformada por desplante o afectación directa del proyecto, pero que es el resultado de los efectos indirectos del mismo hacia áreas y/o proyectos vecinos y viceversa (conversión acumulativa de vegetación y ecosistemas con varios proyectos, alteración a la integridad funcional y capacidades de carga de ecosistemas por efecto de varios proyectos, entre otros).

Así mismo se tomaron en consideración tres grupos de criterios que permitieron incrementar la certidumbre jurídica y técnica de la delimitación: **a) técnicos, b) normativos y c) de planeación**, con los cuales se generó una caracterización que sirvió como insumo para realizar un diagnóstico ambiental regional y así identificar las principales tendencias de desarrollo y/o deterioro en la región, para la construcción de los escenarios futuros en las diferentes etapas del proyecto Ciudad Mayakoba.

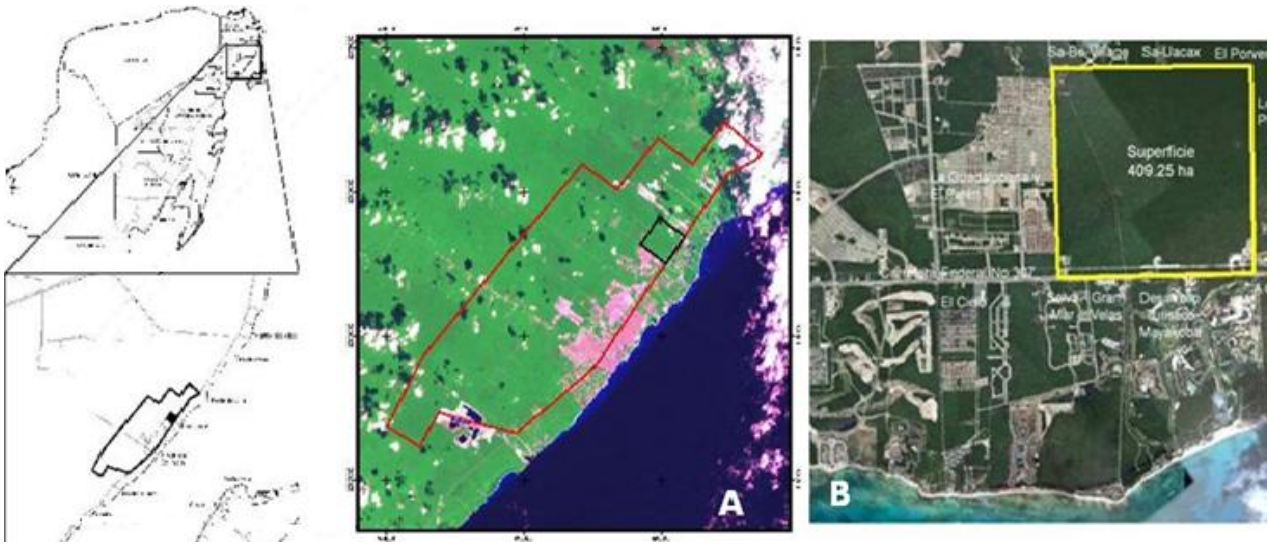
Es importante mencionar que, posterior a una delimitación preliminar del SAR, el equipo de especialistas en materia ambiental y de desarrollo se dio a la tarea de analizar desde sus ópticas esta delimitación ajustándola de acuerdo a las condiciones del medio. Así mismo es importante recalcar que, conforme a las características de la región, los niveles de aproximación y/o escala de los estudios realizados obedecieron a extensiones territoriales considerablemente diferentes en escala al SAR que fue establecido.

La delimitación geográfica del SAR para Ciudad Mayakoba se fundamentó en criterios de valor que permitieron garantizar que la identificación de los impactos ambientales realizada para el proyecto, considera los ecosistemas, procesos naturales y normas e instrumentos de planeación que de manera objetiva intervendría o podrían verse afectados por el proyecto, con lo cual el balance resultante de los análisis de impactos ambientales del proyecto sobre el SAR, definirán su viabilidad ambiental y legal.

Es por lo que se debe de considerar que desde la definición del SAR de Ciudad Mayakoba en donde se encuentra inserto el proyecto Rotonda, se establecieron los límites geográficos de los alcances (amplitud) que los impactos ambientales tendrían.

También es importante observar que, tal y como fue señalado en la MIA-R autorizada del proyecto Ciudad Mayakoba, durante la definición de su SAR, éste se encontraba rodeado por diversos desarrollos turísticos, residenciales y de interés social (i.e., predios La Guadalupana, SacBe, Los Picaros), lo que reflejaba el crecimiento demográfico y la tendencia de expansión urbana que el municipio de Solidaridad ha tenido en los últimos años. La superficie de Ciudad Mayakoba quedaba comprendida casi en su totalidad (81%), en la Zona de Reserva Urbana Norte de Playa del Carmen y el resto (19%) en la Zona Urbana de Playa del Carmen. Por esta ubicación, el SAR de Ciudad Mayakoba se denominó **Unidad Suburbana Norte** y correspondía a los límites administrativos que señala el Programa de Desarrollo Urbano de Playa del Carmen (PDU, publicado en diciembre de 2010 con actualización de enero de 2011) (Figura 4.13). Lo anterior se fundamentó en que los impactos en el SAR, eran en su mayoría resultado del desarrollo de infraestructura y asentamientos humanos. Es decir, externos al predio del **Ciudad Mayakoba**. En este contexto, el área de influencia directa de Ciudad Mayakoba correspondió a la superficie de aprovechamiento del propio proyecto (Figura 4.13 B).

Figura 4.13. Ubicación de (A) Sistema Ambiental Regional (SAR) y (B) predio Ciudad Mayakoba.



Como se observa en la Figura 4.13 el SAR del Ciudad Mayakoba, correspondió a un entorno urbano y suburbano, donde los efectos de presión del desarrollo y tendencias de cambio en el paisaje eran del entorno hacia el predio y contaba con los siguientes antecedentes:

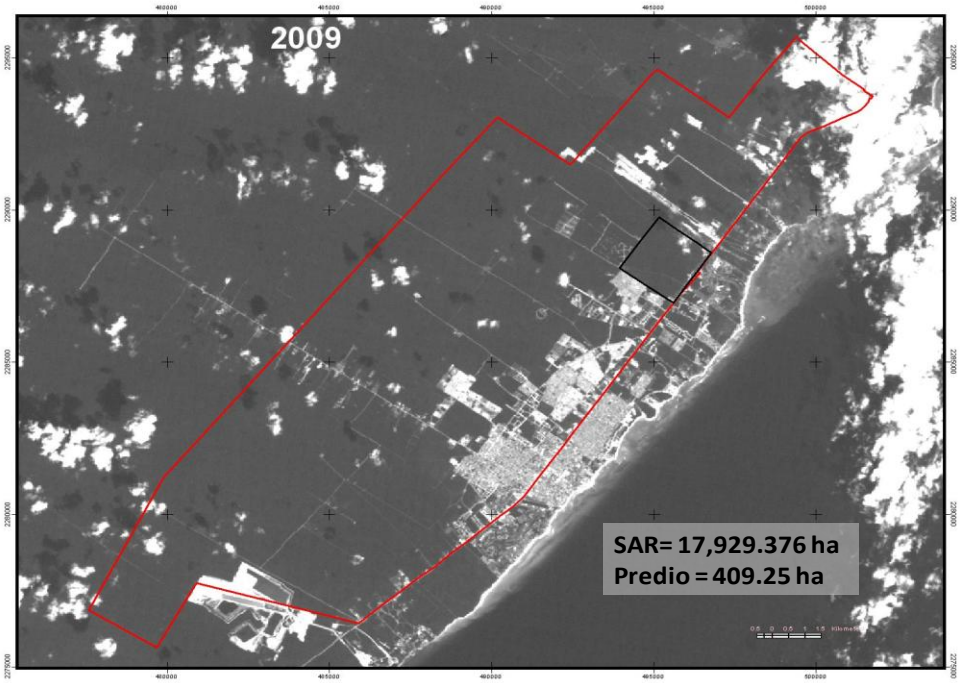
- La ocupación antrópica era uno de los factores que afectan la cubierta vegetal, para la zona, desde fines del siglo XIX y principios del XX, la mayor parte del territorio estatal fue concesionada a grandes compañías para que **explotaran maderas, chicle y otros productos forestales**.

- En 1937 se constituyó el **Ejido Playa del Carmen y su fundo legal**, en particular, el área ocupada por el predio de Ciudad Mayakoba se mantiene como propiedad privada y se da su uso agropecuario.

- Con el auge de la actividad turística en el Corredor Cancún-Tulum, la ciudad de Playa del Carmen comienza a experimentar un crecimiento explosivo a partir de la década de los noventa y se convierte en la cabecera del municipio de Solidaridad (1993), empieza la **expansión de la construcción de hoteles y otras actividades asociadas como la extracción de material pétreo**.

- Además de la ocupación antrópica, se han sucedido **fenómenos naturales** que también han afectado la composición de la cubierta vegetal en décadas recientes, como son los **huracanes** Allen (1980), Gilberto (1988), Roxana (1995), Emily (2005) y Wilma (2005). Asimismo, se han presentado **incendios forestales**, sobre todo los acaecidos en el año de 1989 como consecuencia del paso del Huracán Gilberto y que provocaron más de 100,000 ha afectadas en el noreste del estado.

Figura 4.14. SAR Unidad suburbana norte en donde se ubica el proyecto Ciudad Mayakoba.



Sistema ambiental del proyecto

De acuerdo con la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT)[4], el **sistema ambiental** se define como:

"Espacio finito definido con base en las interacciones entre los medios abiótico, biótico y socioeconómico de la región donde se pretende establecer un proyecto, generalmente formado por un conjunto de ecosistemas y dentro del cual se aplicará un análisis de los problemas, restricciones y potencialidades ambientales y de aprovechamiento."

Asimismo, la SEMARNAT, señala que para delimitar el sistema ambiental regional (SAR): *Es fundamental, **definir y delimitar la región** para poder vincular su extensión (espacio-tiempo) con respecto a los componentes y procesos ambientales seleccionados*; asimismo se recomienda analizar el concepto de región a fin que se maneje un criterio común con la autoridad, que permita ponderar la calidad del sistema ambiental donde se pretende ubicar el proyecto y determinar cómo impactará éste en la integridad funcional del o de los ecosistemas que conforman dicho sistema. En ese sentido, la SEMARNAT, define la región como:

Espacio geográfico ambientalmente homogéneo, resultado de la interacción de sus diversos componentes (bióticos y abióticos), cuya delimitación deriva de la uniformidad y continuidad de los mismos.

De igual manera establece que el área de influencia es definida como *"espacio físico asociado al alcance máximo de los impactos directos e indirectos ocasionados por el proyecto en el sistema ambiental o región, y que alterará algún elemento ambiental"*[5].

En resumen, y considerado los conceptos de sistema ambiental, región y zona de influencia, es posible destacar que el SA:

- Corresponde a un espacio geográfico finito y ambientalmente homogéneo.
- Su definición o delimitación responde a las interacciones entre los medios bióticos, abióticos y socioeconómicos.
- Generalmente está conformado por un conjunto de ecosistemas o bien un ecosistema.
- Es posible aplicar un análisis de los problemas, restricciones y potencialidades ambientales y de aprovechamiento.
- Es un espacio físico asociado al alcance máximo de los impactos directos e indirectos.

De acuerdo a lo anterior, además de considerar el análisis previamente realizado en la MIA-R del proyecto autorizado Ciudad Mayakoba, los principales aspectos considerados para la delimitación del SA fueron:

[4] SEMARNAT. 2022. Guía para la elaboración de la manifestación de impacto ambiental, modalidad regional. Recuperado de: https://www.gob.mx/semarnat/documentos/guias-de-impacto-ambiental.
[5] SEMARNAT. 2022. Guía para la elaboración de la manifestación de impacto ambiental, modalidad regional. Recuperado de: https://www.gob.mx/semarnat/documentos/guias-de-impacto-ambiental.

1. Medio abiótico (aspectos ambientales): Región en la que se ubica el Proyecto.

2. Medio biótico (aspectos ambientales y sociales): Componentes y estado ambiental.

3. Medio socioeconómico (aspectos jurídicos): Instrumentos de ordenamiento ecológico y planeación urbana.

4. Área de influencia: Entendiéndose como el *"espacio físico asociado al alcance máximo de los impactos directos e indirectos ocasionados por el proyecto y que alterará algún elemento ambiental"*.

Medio abiótico

Un primer acercamiento a la delimitación del SA, es reconocer la región en la que el proyecto se ubica **(componente abiótico)**. Las Provincias y Subprovincias Fisiográficas, que de acuerdo con INEGI (2022) corresponden a una:

"Visión general de las formas del relieve, identificadas y definidas a partir del análisis integral de la información topográfica, geológica, hidrológica y edafológica, para formar unidades relativamente homogéneas"

En ese sentido, las provincias fisiográficas establecen unidades homogéneas (espacios geográficos finitos), cuya delimitación deriva de la uniformidad y continuidad de sus componentes. El área de estudio pertenece a la provincia definida como Carso Yucateco (Figura 4.15).

Figura 4.15. Provincias y subprovincias fisiográficas a nivel regional.



Asimismo, en la MIA-R del proyecto autorizado Ciudad Mayakoba, en el que se inserta el proyecto Rotonda, se determinaron, caracterizaron y describieron, con base en fotografía aérea y análisis topográfico, las principales unidades geomorfológicas definiendo las unidades naturales del su SAR denominado Unidad Suburbana Norte. Para los objetivos de ese análisis se consideró a la carretera federal 307 como un límite físico real del SA, ya que ha fragmentado y aislado la vegetación de la parte estrictamente costera (llanura litoral), siendo evidente la transformación de las condiciones naturales, particularmente en las áreas colindantes con la carretera federal previamente mencionada (Figura 4.16).

Figura 4.16. Unidades naturales definidas para el SAR del proyecto Ciudad Mayakoba y Rotonda.



Medio biótico

En segunda instancia se analizó el medio biótico, para ello se seleccionó a la vegetación, a través de los usos de suelo y vegetación del Instituto Nacional de Estadística y Geografía. Se identificó que la selva mediana subperennifolia se considera como la vegetación dominante y típica de la zona norte de Quintana Roo. **Debido a la extensión que abarca esta vegetación en la zona, se requiere considerar otro factor para la definición de límites.**

De acuerdo con la SEMARNAT (2022), la delimitación del SA debe ser objetiva, inventariable y cartografiable. Por lo tanto, cuanto más grande sea un SA, menor representatividad tendrá un inventario con una intensidad de muestreo humanamente aceptable.

En complemento, para la identificación de los límites por el criterio biótico, se identificó la presencia de afectaciones antrópicas significativas, como lo son los asentamientos urbanos, infraestructura vial y presencia de linderos que interrumpen la continuidad del ecosistema.

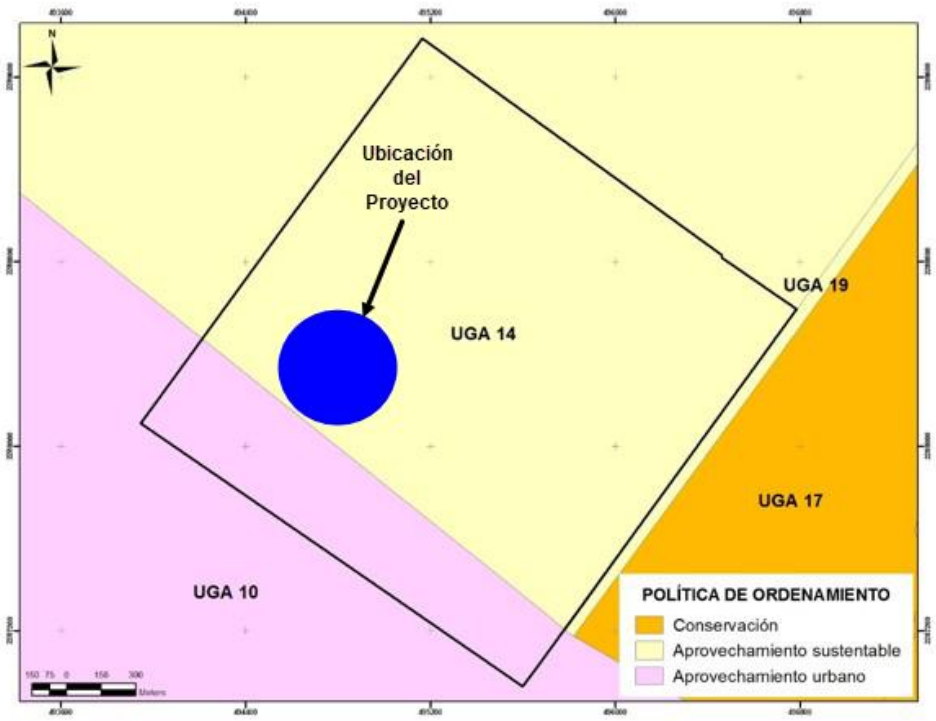
Figura 4.17. Primera delimitación del SA conforme a límites físicos.



El tercer aspecto considerado fue el factor: **socioeconómico**. Por su ubicación, el proyecto Rotonda es regulado por los siguientes instrumentos, cabe señalar que los Programas de Ordenamiento Ecológico, así como los Programas de Desarrollo Urbano, como instrumentos reguladores del territorio, consideran como criterios centrales para su formulación factores sociales (población, comunidad), culturales (sitios arqueológicos), factores abióticos (rasgos geomorfo-edagológicos, hidrográficos, meteorológicos), factores bióticos (vegetación), factores ambientales (unidades ambientales o ecosistemas), usos de suelo entre otros:

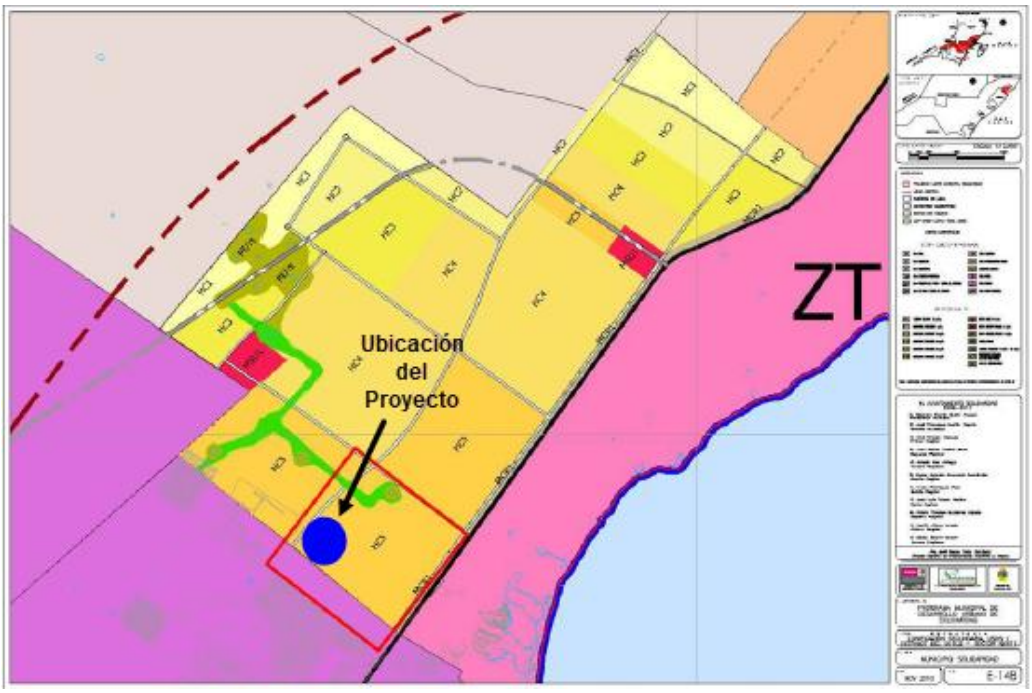
1. Programa de Ordenamiento Ecológico Local de Solidaridad (Periódico Oficial del Estado de Quintana Roo, 25 mayo de 2009).

Figura 4.18. Programa de Ordenamiento Ecológico Local de Solidaridad.



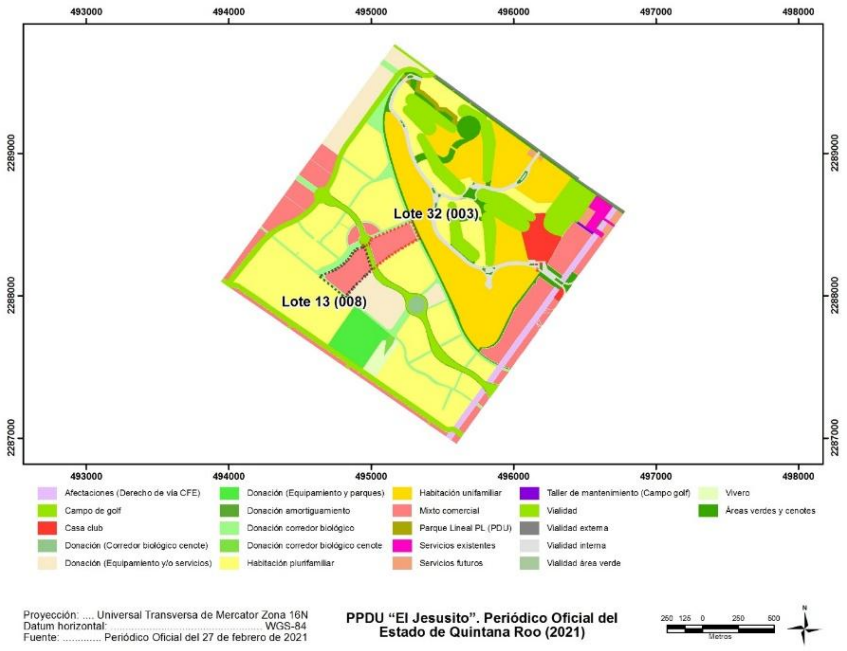
2. Programa Municipal de Desarrollo Urbano de Solidaridad (Periódico Oficial del Estado de Quintana Roo, 20 de diciembre de 2010).

Figura 4.19. Programa Municipal de Desarrollo Urbano de Solidaridad.



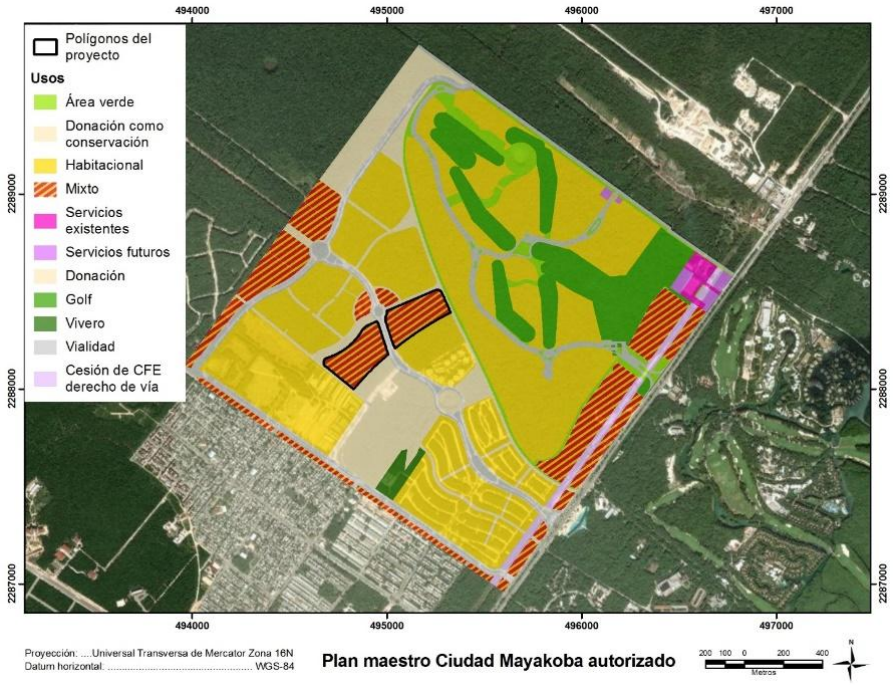
3. Programa Parcial de Desarrollo Urbano El Jesusito (PPDU-J) (Periódico Oficial del Estado de Quintana Roo, 10 marzo 2016).

Figura 4.20. Plan Parcial de Desarrollo Urbano El Jesusito.



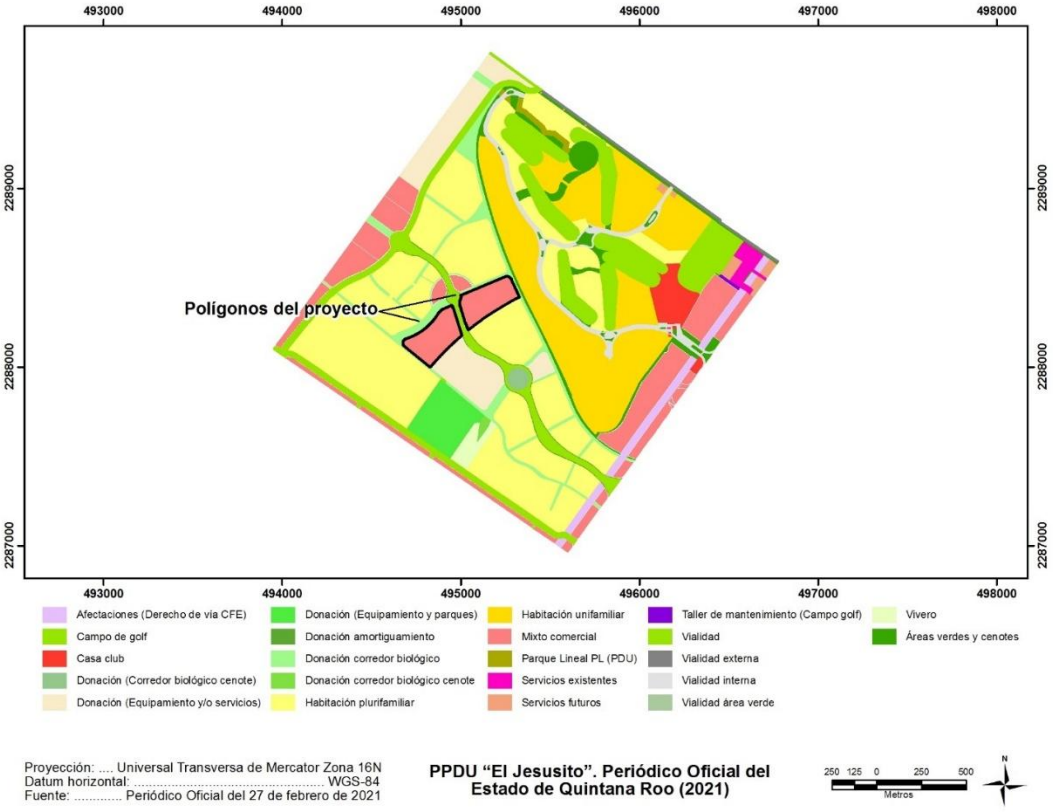
4. Plan Maestro "Ciudad Mayakoba" autorizado en materia de impacto ambiental y forestal (2013).

Figura 4.21. Plan Maestro del proyecto Ciudad Mayakoba.



El PPDU-J, establece las pautas para el desarrollo urbano, bajo un enfoque de sustentabilidad, teniendo como principales ejes rectores, los aspecto económicos, sociales y medio ambientales.

Figura 4.22. Proyecto respecto al PPDU-J.



Para determinar el alcance máximo de los impactos directo e indirectos ocasionados por el desarrollo del Proyecto y su área de influencia, se utilizaron las metodologías elaboradas por los autores que a continuación se enuncian, las cuales fueron adaptada a las particularidades del Proyecto: Autoridad Nacional de Licencias Ambientales (2018)[6], Juan Diego León Peláez (2002)[7] y Tarsicio Granizo, et al., (2006)[8] las cuales se presentan de manera detallada en el Capítulo 7.

De acuerdo a lo anterior, se consideran que los límites del predio del proyecto Ciudad Mayakoba, mismos que coinciden con los límites de la carretera federal 307 Reforma Agraria – Puerto Juárez y la avenida Bosques de Cristo Rey, representan un SA para el proyecto Rotonda, toda vez que:

- ✓ El SA delimitado para Rotonda corresponde con los límites de un Plan Maestro que ya había sido evaluado y resuelto en materia de impacto ambiental: Manifestación de Impacto Ambiental modalidad Regional (MIA-R) Ciudad Mayakoba (polígono "El Jesusito").

[6] Autoridad Nacional de Licencias Ambientales. 2018. Guía para la definición identificación y delimitación del área de influencia. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible.
[7] León, D. 2002. Evaluación del impacto ambiental de proyectos de desarrollo.
[8] Granizo, T. et. al. 2006. Manual de Planificación para la conservación de áreas, PCA. Quito: TNC y USAID.

- ✓ Se demuestra que las características ambientales del predio de Rotonda y su SA son representativas de la región.

- ✓ Se identifica que el tipo de vegetación en ambos SAR (MIA-R autorizada) y Proyecto (DTU-BP) es la misma; se puede reiterar la similitud de los procesos medioambientales y tendencias de desarrollo tanto dentro como fuera del SA de Rotonda.

- ✓ En la MIA-R del Plan Maestro Ciudad Mayakoba (autorizada) **se identificaron los impactos y el alcance (amplitud) que podría incidir sobre su SAR y, para los cuales fueron establecidas acciones y medidas para su prevención, mitigación y compensación.**

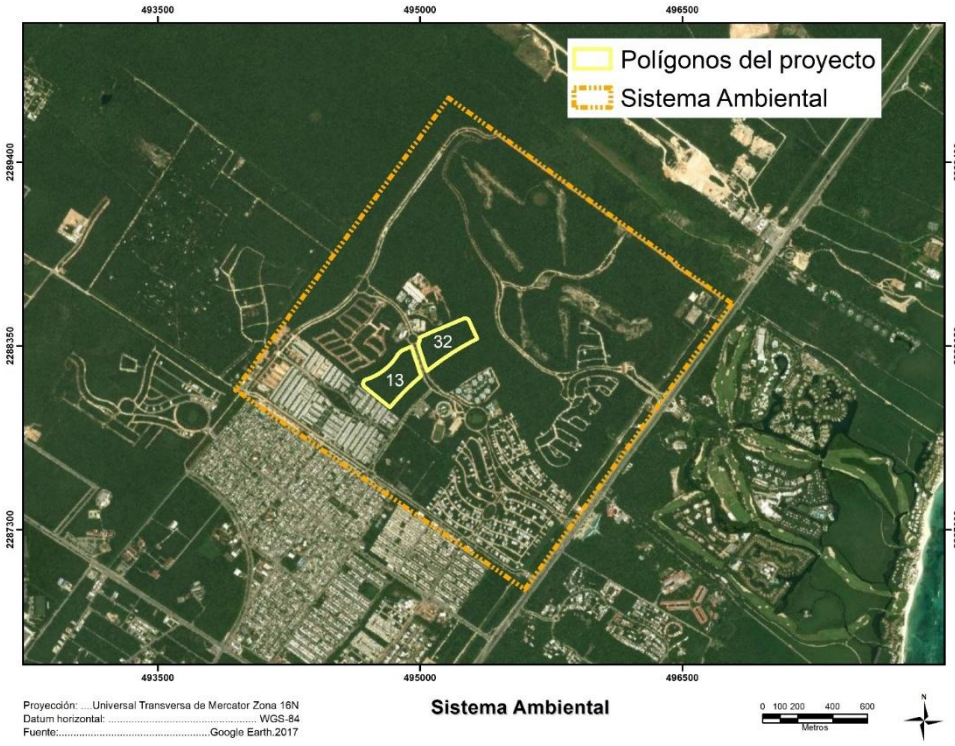
- ✓ En el DTU-BP de Rotonda, se identificó que los impactos ambientales son congruentes con los ya evaluados en la MIA-P. **Además, se prevé que estos impactos identificados no se extenderán más allá de su SA (polígono de "El Jesusito")**.

Considerando los elementos de análisis que fueron presentados en los apartados previos, los límites del SA del Proyecto y criterios empleados para su delimitación se presentan a continuación. Cabe que el SA corresponde a una superficie de 409.25 ha.

- Al este, sureste, oeste y suroeste, se definieron como límites la carretera federal 307 Reforma Agraria – Puerto Juárez y la avenida Bosques de Cristo Rey, en concordancia con los límites establecido por el PPDU-J. Por sus dimensiones y características, estas infraestructuras de transporte *per se*, representa una discontinuidad muy marcada para los ecosistemas y/o unidades ambientales del sistema ambiental donde se localiza el Proyecto.

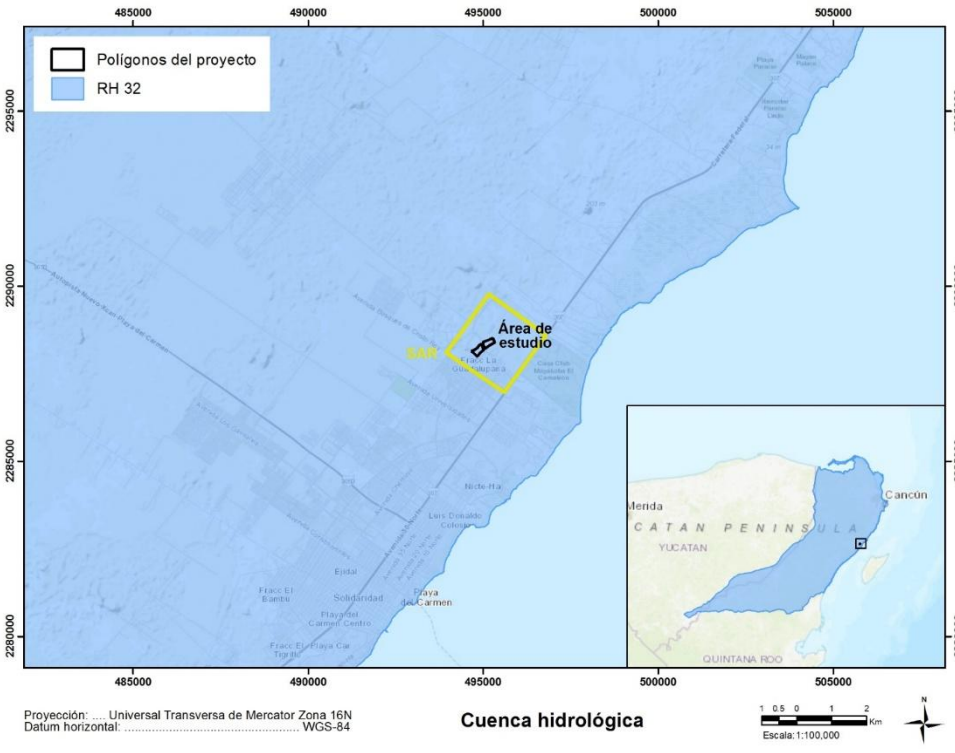
- Al noroeste y noreste se tomaron como limites los definidos por el PPDU-J, el cual, en su momento, para su delimitación, considero factores sociales, como ambientales abióticos y bióticos, así como los instrumentos de ordenamiento ecológico locales aplicables al lugar.

Figura 4.23. Sistema Ambiental del Proyecto.



En la Figura 4.24 se presenta la localización del SA con respecto a la cuenca hidrológica.

Figura 4.24. Localización del SA respecto de la CHF.



4.3. Caracterización y Análisis de la calidad ambiental del SA

4.3.1. Medio Abiótico

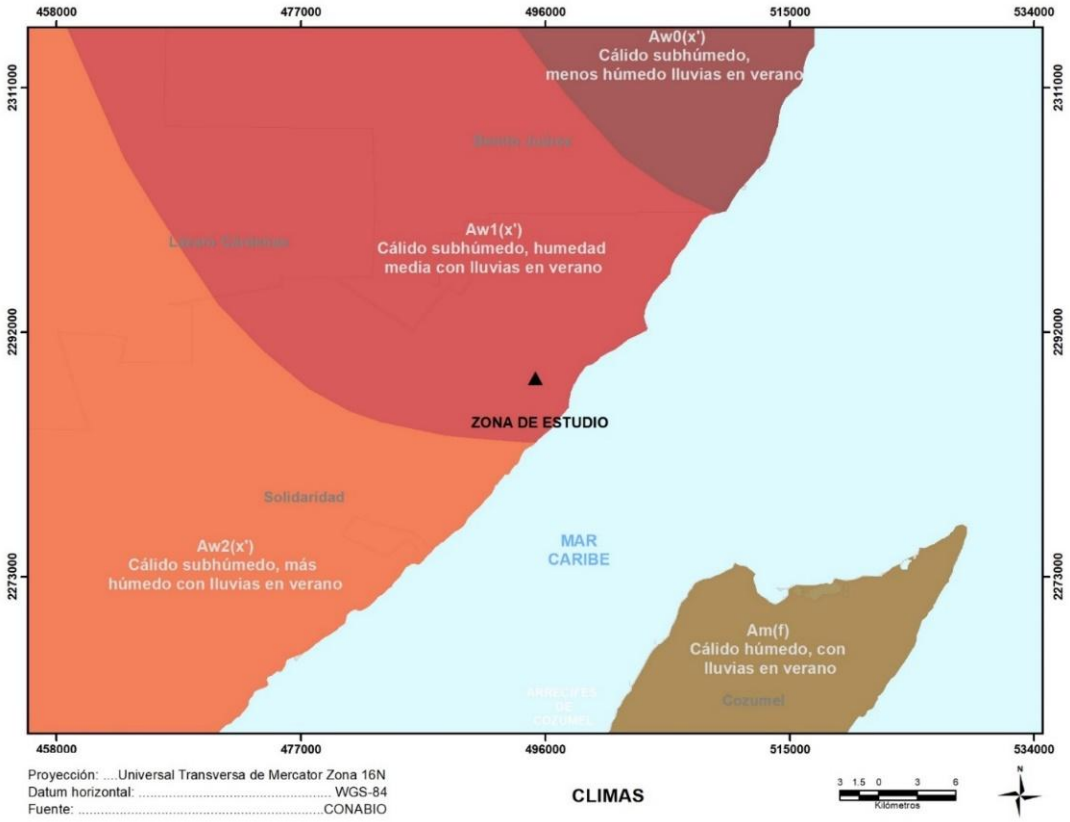
4.3.1.1. Climatología

De acuerdo con el Sistema de Clasificación Climática de Köeppen modificado por García (1981), y el Estudio Hidrológico del estado de Quintana Roo, publicado por el INEGI (2002), se tiene que en la zona norte del estado correspondiente a la cuenca 32A (subcuenca “d”) de acuerdo al comportamiento de la precipitación y la temperatura en términos de sus características a través del tiempo además de otros elementos como evaporación, humedad relativa entre otros predominan los siguientes subtipos de clima:

- El extremo norte desde Puerto Morelos a Chiquilá, pasando por Cancún y la zona continental e incluyendo al municipio de Isla Mujeres se manifiesta el subtipo climático $Aw_0(x')$, cálido subhúmedo, el más seco de los cálidos subhúmedos con régimen de lluvias de verano, de 1000 mm, tiene una temperatura media anual de 26 °C, con una variación de la media mensual entre el mes más frío y el mes más caliente menor a 5° C, por lo que es isotermal.

- El subtipo $Aw_1(x')$ de humedad intermedia entre los cálidos subhúmedos, ocupa la mayor extensión del estado, básicamente al oeste y se prolonga a los estados de Campeche y Yucatán, sin embargo también se presenta en una franja transversal desde Puerto Morelos hacia Playa del Carmen, y Kantunilkín colindante con el Aw_0 y el Aw_2, manifiesta una temperatura media anual de 26 °C, con diferencias de la temperatura media mensual entre el mes más caliente y el mes más frío de 5 y 7 °C, que lo ubica entre isotermal o con poca variabilidad, por otro lado la precipitación promedio anual es de 1100 a 1200 mm. **En este tipo de clima se ubica el predio de interés.** (Figura 4. 25).

Figura 4. 25. Distribución de los tipos de climáticos a nivel regional.



- En la franja costera occidental desde Playa del Carmen, hasta Tulum, que básicamente se encuentra en el límite de la cuenca 32A y que se prolonga hasta Xcalak, rige el más húmedo de los cálidos subhúmedos, el subtipo $Aw_2(x')$, con temperatura media anual de 26 ºC, isotermal, con una precipitación anual de 1200 a 1300 mm.

De acuerdo con los reportes de la Comisión Nacional del Agua (información de 1990 al 2000), y el Estudios Hidrológico del Estado de Quintana Roo, (INEGI, 2002) la porción norte del estado tomando como referencia la estación meteorológica de Playa del Carmen que se encuentra en la cuenca 32A y donde se ubica el Proyecto, le confiere las características climáticas que se presentan en la Tabla 4. 2.

Tabla 4. 2. Datos climáticos de la Cuenca Hidrológica Forestal.

Cuenca	Régimen de lluvias	Precipitación Media Anual (mm)	Temperaturas °C.		
			Mínima	Media	Máxima
32A	Verano	1,231.23	13.5	26.8	36.5

Por otra parte, los vientos dominantes son del este y sureste con una importante contribución de vientos del norte durante los meses de invierno.

De acuerdo con los reportes de la Comisión Nacional del Agua (información correspondiente al año 2009), y el Estudios Hidrológico del Estado de Quintana Roo (INEGI, 2002) la porción norte del estado tomando como referencia la ciudad de Playa del Carmen que se encuentra en la cuenca 32A, y que se localiza muy cercana al área del Proyecto, le confiere las características de velocidad de los vientos que se presentan en la Tabla 4. 3.

Tabla 4. 3. Datos de velocidad de los vientos proporcionados por CNA (2009).

Cuenca	Velocidad de los vientos en km/h		
32A	**Mínima**	**Máxima**	**Promedio**
	0.01	23.26	9.82

Así mismo, se tiene que el registro de los parámetros atmosféricos de temperatura y precipitación que prevalecen en la zona más cercana al Proyecto en la Riviera Maya, se lleva a cabo por la estación meteorológica número 23163, ubicada en la ciudad de Playa del Carmen, dependiente de la Comisión Nacional del Agua. Es importante mencionar que los datos aquí representados corresponden a la información más actualizada (2010), proporcionada por dicha dependencia y en el que se registran datos específicos entre otros de precipitación mensual y temperatura media, correspondiente al año 2010.

Figura 4. 26. Histograma de temperaturas y precipitación.

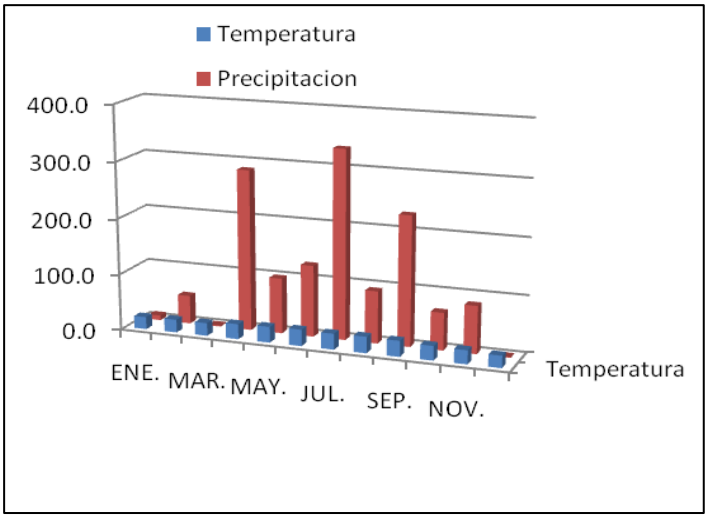


Tabla 4. 4. Temperatura y precipitación mensual estación meteorológica número 23163 - Playa del Carmen, datos correspondientes al 2010.

Playa del Carmen	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Total
Temperatura	21.8	22.9	22.7	27.0	28.3	29.2	28.2	29.1	28.2	25.6	24.4	21.4	**25.7**
Precipitación	8.5	50.5	2.0	286.0	98.8	127.0	335.0	92.7	230.1	66.5	84.5	1.5	**1,383.1**

Fenómenos Meteorológicos

Durante el verano, en el Mar Caribe y el Golfo de México se generan fenómenos ocasionados por inestabilidades de baja presión, que dan lugar a las tormentas tropicales, y dependiendo de la energía acumulada se puede formar un ciclón o un huracán.

Quintana Roo es el estado de la República Mexicana con mayor incidencia de huracanes. La temporada de estos fenómenos meteorológicos abarca de junio a noviembre, y ocasionalmente pueden presentarse fuera de temporada.

Septiembre es el mes en que se registra la mayor actividad de este tipo de fenómenos. Entre los meses de agosto a octubre se origina el 80% de los huracanes de la temporada, y en septiembre tiene lugar el 40% de los que alcanzan las categorías mayores y con efecto más destructivo (Morales, 1993).

La intensidad de los vientos durante un huracán varía según las condiciones climáticas que se presenten y van de los 120 a los 300 km/h, con ráfagas incluso superiores a ésta última.

En particular para la cuenca 32A (subcuenca “d”), existe la posibilidad de que estos fenómenos climáticos generados principalmente en el Caribe afecten la zona costera y en particular la Riviera Maya ya que generalmente esta se encuentra en su radio de acción y aun cuando estos no tocan tierra y pasan por el canal de Yucatán, el efecto de sus vientos y oleaje provocan fuerte erosión en las costas del estado.

El huracán Gilberto incidió sobre las costas de Quintana Roo en septiembre de 1988 con categoría 5 por lo cual se le consideró el huracán de mayor intensidad que había impactado esta zona hasta antes del paso del huracán Wilma en 2005, el cual causó grandes pérdidas materiales y al medio ambiente debido a los potentes vientos y su duración.

En 1955, Janet afectó las costas del Estado. Sus efectos se dejaron ver claramente en la erosión de las playas y la afectación de la vegetación. En casos más recientemente al finalizar la temporada de huracanes en 1998, el huracán Mitch aun cuando su trayectoria no tuvo incidencia directa en el estado sus efectos sobre la costa fueron fuertemente significativos, debido al oleaje de tormenta que se generó. Igualmente, el huracán Emily y Wilma afectó las costas de Quintana Roo en el 2005, principalmente desde Tulum a Cancún y el Dean en el 2007, la zona de Mahahual.

En la Tabla 4. 5 se presentan los huracanes más recientes (2000 al 2025) con influencia en el territorio estatal.

Tabla 4. 5. Huracanes que han afectado las costas del estado de Quintana Roo en los últimos años[9].

Año	Nombre	Etapa y categoría	Lugar de entrada a tierra	Periodo	Máxima (Km/h)
2024	Sara	TT	Influencia Zona Sur	Del 16 al 17 de noviembre	65
2023	Idalia	H4	Influencia todo el estado	26 de agosto	Depresión T
2022	Alex	TT	Influencia Zona Norte	-	55
	Ian	H4	Influencia Zona Norte	26 de septiembre	155
	Lisa				
2021	Grace	H3	Tulum	19 de agosto	130
2020	Gamma	H1	Tulum	03 de octubre	120
	Cristóbal	TT	Afectaciones zonas Centro y Sur	03 de junio	95
2017	Franklin	H1	Tulum, Felipe Carrillo Puerto, José María Morelos, Bacalar, Othón P. Blanco,	Del 07 al 10 de agosto	138
	Nate	H1	L. Cárdenas, Solidaridad, Tulum	Del 04 al 09 de octubre	148
	Harvey	H4	Felipe Carrillo Puerto, Othón P. Blanco, Tulum, José María Morelos, Bacalar, Cozumel Benito Juárez, Puerto Morelos, Isla Mujeres, L. Cárdenas, Solidaridad, Tulum	Del 17 de agosto al 01 de septiembre	213
2016	Eart	H1	Othón P. Blanco	Del 02 al 06 de agosto	120
	Colin	TT	Isla Mujeres, Cozumel, Solidaridad, Benito Juárez, L. Cárdenas, Puerto Morelos.	Del 05 al 07 de junio	83
2014	Hanna	TT	José María Morelos	Del 22 al 28 de octubre	64
2012	Ernesto	H1	Othón P. Blanco y Bacalar	Del 1 al 10 de agosto	140
2011	Don	TT	Benito Juárez	Del 27 al 30 de julio	83
	Harvey	TT	Othón P. Blanco y Bacalar	Del 19 al 22 de agosto	91
	Rina	H2	Felipe Carrillo Puerto, Cozumel, Isla Mujeres y Benito Juárez	Del 23 al 28 de octubre	174
2010	Karl	H3	Al norte del poblado de Calderitas	Del 14 al 18 de septiembre	195
2008	Dolly	H2	Cozumel y Cancún	Del 20 al 24 de julio	160
	Arthur	H2	Suroeste de Chetumal	Del 31 de mayo al 2 de junio	160
2007	Dean	H5	Mahahual	Del 13 al 23 de agosto	270
2005	Wilma	H5	Cozumel y Puerto Morelos	Del 15 al 28 octubre	324
	Emily	H5	Cozumel y Playa del Carmen	Del 10 al 21 julio	269
2000	Keith	H1	La Unión	Del 28 de sept al 6 de octubre.	140

NOTA: *Los años que no se presentan es debido a que no se registraron huracanes con influencia en el territorio estatal. (para el caso del 2025 estos datos no se observan en la página). La trayectoria del centro del sistema tropical Harvey en el 2017, no tuvo lugar de entrada en el territorio estatal, pero sí tuvo influencia en los municipios mencionados.*

Otros meteoros que afectan al estado son las tormentas tropicales, los Nortes y las Suradas. Las tormentas tropicales se presentan en verano y otoño y se consideran como predecesoras de los huracanes, se caracterizan por presentar vientos inferiores a los 118 km/h.

[9] Secretaría de Gobierno. Coordinación Estatal de Protección Civil; Departamento de Meteorología. https://qroo.gob.mx/segob/coeproc/ciclones-tropicales-con-influencia-en-el-territorio-estatal.

Los Nortes, que hacen su aparición de noviembre a marzo, son masas de aire polar con velocidades altas que hacen descender la temperatura y ocasionan precipitaciones; generalmente van acompañadas por rachas de vientos que alcanzan los 100 km/h.

Las Suradas o surestes, son fenómenos meteorológicos de poca frecuencia y duración en los que el viento dominante proviene del sureste y se desplaza al noroeste con velocidades que llegan a alcanzar los 60 km/h y rachas de 80 km/h.

4.3.1.2. Suelos

4.3.1.2.1. Tipos de Suelo y Grado de Susceptibilidad a la Erosión Hídrica y Eólica

Leptosoles (Litosoles)

De acuerdo con la clasificación actualizada de la FAO/UNESCO (2006) y modificada en el 2007 para la cuenca 32A, (subcuenca “d”) en específico la zona norte de Quintana Roo, se reportan el grupo se suelo denominado Leptosoles. De acuerdo con la Carta Edafológica Cozumel F-16-11 (INEGI, 2007), se reconoce que para el Proyecto se distribuyen los suelos del tipo: Leptosol lítico de textura media.

Los Leptosoles son suelos muy someros sobre roca continua y suelos extremadamente gravillosos y/o pedregosos. Los Leptosoles son suelos azonales y particularmente comunes en regiones montañosas. Los Leptosoles incluyen los: Litosoles del Mapa de Suelos del Mundo (FAO–UNESCO, 1971–1981); subgrupos Lítico del orden Entisol (Estados Unidos de Norteamérica); Leptic Rudosols y Tenosols (Australia); y Petrozems y Litozems (Federación Rusa). En muchos sistemas nacionales, los Leptosoles sobre roca calcárea pertenecen a las Rendzinas, y aquellos sobre otras rocas, a los Rankers. La roca continua en la superficie se considera no suelo en muchos sistemas de clasificación de suelos.

Distribución Regional de Leptosoles

Los Leptosoles son el GSR (Grupo de Suelos de Referencia) más extendido sobre la tierra, extendiéndose alrededor de 1 655 millones ha. Los Leptosoles se encuentran desde los trópicos hasta la tundra fría polar y desde el nivel del mar hasta las montañas más altas. Los Leptosoles están particularmente extendidos en áreas de montaña, notablemente en Asia y Sudamérica, en los desiertos de Sahara y Arabia, la Península Ungava del norte de Canadá y en las montañas de Alaska. En otras partes, los Leptosoles pueden encontrarse sobre rocas que son resistentes a la meteorización o donde la erosión ha mantenido el paso con la formación de suelo, o ha removido la parte superior del perfil de suelo. Los Leptosoles con roca continua a menos de 10 cm de profundidad en regiones montañosas son los Leptosoles más extendidos.

Manejo y Uso de Leptosoles

Los Leptosoles son un recurso potencial para el pastoreo en estación húmeda y tierra forestal. Los Leptosoles a los que aplica el calificador Réndzico están plantados con teca y caoba en el Sudeste Asiático; los que están en zonas templadas están principalmente bajo bosque caducifolio mixto mientras que los Leptosoles ácidos comúnmente están bajo bosque de coníferas. La erosión es la mayor amenaza en las áreas de Leptosol, particularmente en regiones montañosas de zonas templadas donde la alta presión de población (turismo), la sobreexplotación y creciente

contaminación ambiental llevan al deterioro de bosques y amenazan grandes áreas de Leptosoles vulnerables. Los Leptosoles en pendientes de colinas generalmente son más fértiles que sus contrapartes en tierras más llanas. Uno o unos pocos buenos cultivos podrían tal vez producirse en tales pendientes, pero al precio de erosión severa. Las pendientes pronunciadas con suelos someros y pedregosos pueden transformarse en tierras cultivables a través del aterrazado, remoción manual de piedras y su utilización como frentes de terrazas. La agroforestación (una combinación o rotación de cultivos arables y árboles bajo control estricto) parece promisoria, pero está todavía en una etapa muy experimental. El drenaje interno excesivo y la poca profundidad de muchos Leptosoles pueden causar sequía aún en ambientes húmedos.

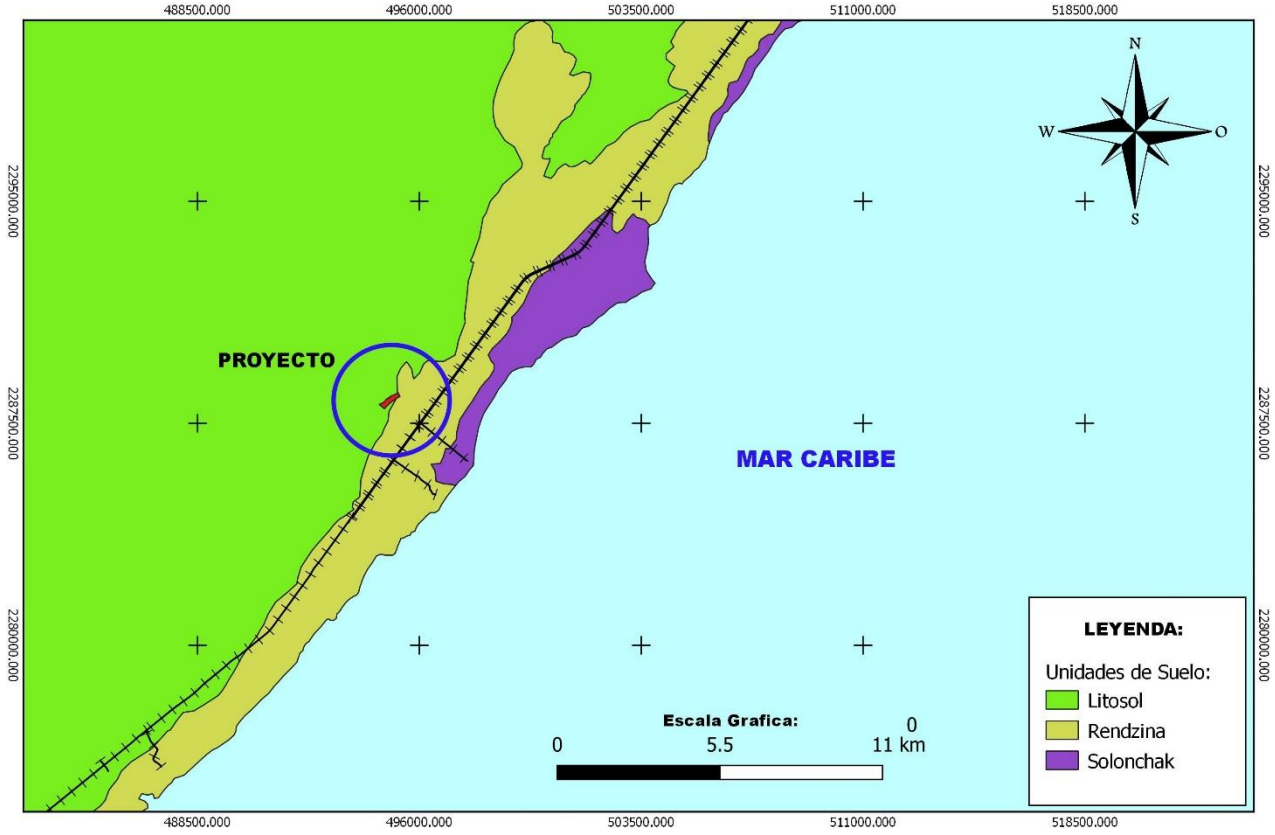
De acuerdo con la cartografía del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), 2002-2007 y Estudios Hidrológicos de Quintana Roo, 2002, para la cuenca 32A, (subcuenca “d”), se reportan las siguientes asociaciones de suelo el cual se describe una síntesis de forma general de los más importantes.

El primer grupo (Zo+Rc/1) Zolonchak órtico más Regosol calcárico con textura gruesa. Este grupo de suelo se distribuye sobre la barra arenosa paralela a la costa tiene un ancho de aproximadamente de 20 a 50 m, y en algunos lugares hasta 100 m, en él se distribuye por lo general la duna costera y en las partes de las zonas inundables se distribuye el humedal.

Segundo grupo Leptosoles: (E+I/2) Rendzina más Litosol con textura media. Este grupo de suelo se distribuye con mayor presencia en la zona norte en este se puede observar desde selva baja, selva mediana y vegetación secundaria además de establecimiento de cultivos. **Es en este tipo de suelo en donde se ubica el Proyecto**. Estos suelos presentan altas restricciones para su utilización con propósito agrícola debido a su escaso espesor y su abundante pedregosidad que afectan el crecimiento de las plantas, sin embargo, presentan buen drenaje que favorece la filtración del agua. Para el Proyecto en particular se puede mencionar que se observa afloramiento de roca distribuida en forma regular con presencia de poca materia orgánica sobre la cual se ha establecido la vegetación de selva mediana.

Tercer grupo (I+Rc+E/2) Litosol más Regosol calcárico más Rendzina con textura media. Este grupo de suelo se distribuye en una pequeña franja paralela a la costa norte y hasta la laguna de Nichupté.

Figura 4. 27. Distribución de los tipos de suelo a nivel regional.



Estado de Conservación del Suelo

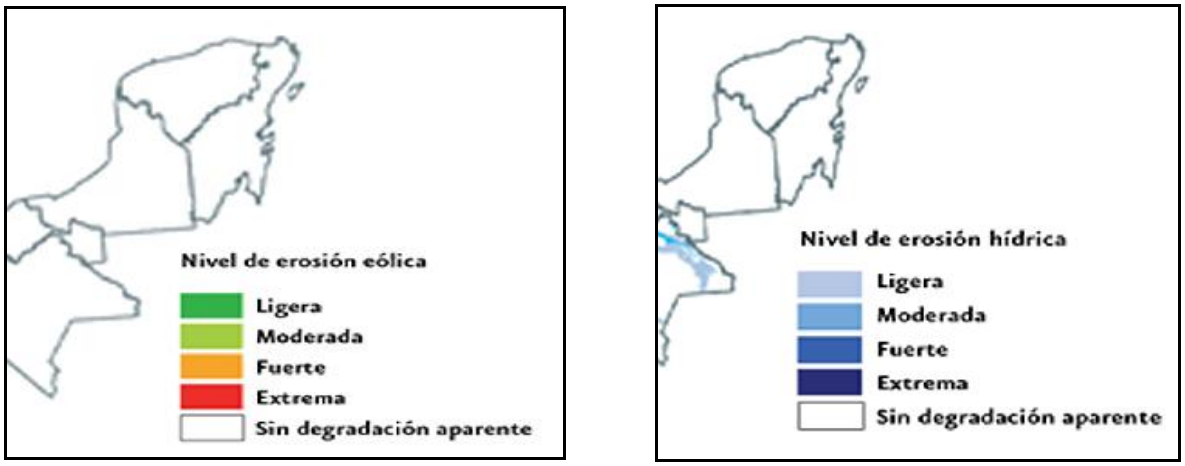
La cubierta vegetal juega un papel muy importante en la cobertura de la cuenca 32A, (subcuenca "d") tal es el caso que al desmontar y/o impactarla por algún acontecimiento ciclónico o de otra naturaleza el suelo queda expuesto a sufrir erosión, sin embargo este proceso es relativamente rápido ya que es utilizado para otro objetivo ya sea construcciones , actividades agropecuarias o se inicia un proceso de recuperación por lo que es importante mencionar que aun con todo el deterioro que sufre la vegetación en la zona por el paso de estos fenómenos, esta se encuentra en franco proceso de recuperación por lo que el suelo muy pocas veces se queda sin cubierta vegetal y la susceptibilidad de erosión tanto hídrica como eólica se considera sin degradación aparente.

Además de acuerdo con el Informe de la Situación del Medio Ambiente en México. Compendio de Estadísticas Ambientales (2008) de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT)[10], se reconoce que prácticamente toda la península de Yucatán está incluida dentro de una zona definida como nula en términos de erosión hídrica potencial ya que esta alcanza un valor menor a los 5 ton/Ha/año. Además de que la erosión eólica potencial alcanza el mismo valor solamente que este corresponde únicamente con la zona norte del estado Quintana Roo.

[10] http://app1.semarnat.gob.mx/dgeia/informe_2008/03_suelos/cap3_2.html

De manera adicional, en el mismo informe se registra la erosión hídrica y eólica generada en esta misma región en el 2002, por lo que se cataloga a la Península como una zona sin degradación aparente (Figura 4. 28).

Figura 4. 28. Niveles de erosión eólica (izquierda) e hídrica (derecha) en la península de Yucatán (SEMARNAT, 2008).



En lo que respecta al grado de conservación del suelo, las condiciones naturales del sitio, no presentan problemas de erosión, ya que no hay pendientes muy pronunciadas, ni escurrimientos provocados por cárcavas o grietas. De igual manera en la cuenca 32A, (subcuenca d") se encuentra cubierta de vegetación de selva mediana subperennifolia / vegetación secundaria arbórea en avanzado grado de recuperación que protege la capa de suelo presente y contribuye a su formación.

Por otro lado, los Leptosoles ocupan el primer lugar por superficie a nivel estatal; son suelos jóvenes muy someros que sobreyacen a roca altamente calcárea (más de 40% $CaCO_3$) dentro de los 25 cm de profundidad. Son considerados suelos con factores limitantes agroproductivos, por tanto, no son muy recomendables para la agricultura convencional y en menor grado para el desarrollo de una agricultura mecanizada; el uso principal de este suelo es para agostadero.

Por otra parte, en la región estos suelos sustentan vegetación de selva mediana subcaducifolia, selva mediana subperennifolia, selva mediana caducifolia, selva baja espinosa, pastizales, etc. De esta manera, la cubierta vegetal juega un papel muy importante en la conservación de los suelos. Además, se considera el escaso perfil topográfico y donde las altitudes mayores se ubican por lo 20 msnm. La ausencia de escurrimientos es otro factor que ayuda a la conservación de los suelos, ya que el agua de lluvia se distribuye a manera de flujos laminares limitando los procesos de erosión.

En el caso del Proyecto, éste se cubre en un 100% por la selva mediana subperennifolia con vegetación secundaria arbórea y arbustiva. Es por ello que la susceptibilidad de erosión tanto hídrica como eólica se considera sin degradación aparente. Lo cual se confirma de acuerdo con el Informe de la Situación del Medio Ambiente en México, Compendio de Estadísticas Ambientales de la SEMARNAT (2008)[11], se reconoce que prácticamente toda la Península de Yucatán está incluida dentro de una zona definida como nula en términos de erosión hídrica potencial ya que

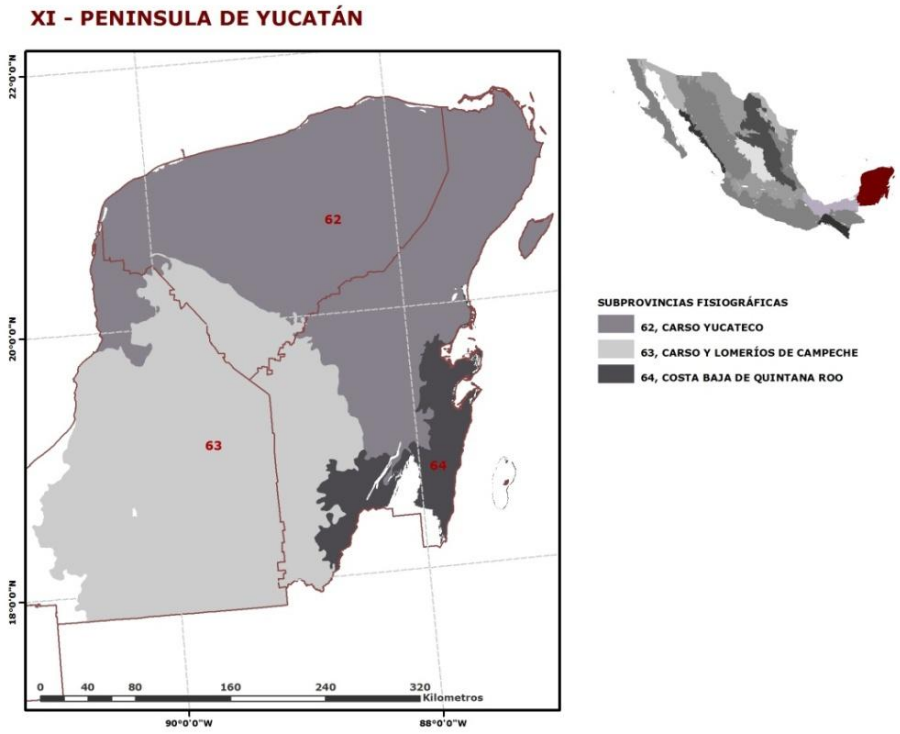
[11] http://app1.semarnat.gob.mx/dgeia/informe_2008/03_suelos/cap3_2.html

esta alcanza un valor menor a los 5 ton/ha/año. Además de que la erosión eólica potencial alcanza el mismo valor solamente que este corresponde únicamente con la zona norte del estado Quintana Roo.

4.3.1.3. Fisiografía

La península de Yucatán se formó por sedimentación calcárea encontrándose en un principio cubierta por un mar de poca profundidad, que fue emergiendo poco a poco unos centímetros cada siglo adquiriendo una forma de relieve plana con escasa elevación y una ligera inclinación de sus pendientes y de sus leves contrastes topográficos llegando a conformar parte de la provincia fisiográfica llamada Península de Yucatán.

Figura 4. 29. Provincia fisiográfica Península de Yucatán (Cervantes-Zamora, 1990).



De acuerdo al Estudio Hidrológico (INEGI, 2002), el estado de Quintana Roo queda ubicado en esta provincia, misma que a su vez se divide en tres subprovincias:

- Carso y Lomeríos de Campeche.
- Carso Yucateco.
- Costa Baja de Quintana Roo.

La subprovincia Carso Yucateco, donde se ubica la cuenca 32A (subcuenca “d”), cubre una mayor extensión de superficie del Estado llegando hasta la costa norte de la entidad, en donde se ubica el Proyecto, desde el punto de vista topográfico se trata de una planicie calcárea modelada posteriormente por una intensa disolución, manifestada por la presencia de rasgos de disolución. Durante el cuaternario esta planicie es modificada por la formación de pantanos y lagunas, así como la acumulación de abundantes depósitos de litoral, litificación de depósitos eólicos y por la formación de playas y dunas arenosas.

Esta subprovincia se distingue por su topografía cárstica, la cual presenta desde oquedades minúsculas hasta grandes depresiones (localmente denominadas cenotes) y en algunas de las cuales se asoma la superficie freática. Casi en toda su extensión carece de sistema de drenaje superficial, generalmente es una llanura con piso rocoso segmentado y salino con presencia de playas y duna costera.

Figura 4. 30. Provincias y subprovincias fisiográficas a nivel regional.



Relieve del Terreno, Elevaciones, Cerros, Montañas, Porcentajes Mínimos y Máximos de Pendiente y Exposiciones predominantes

La cuenca 32A (subcuenca “d”) se encuentra dentro de la subprovincia Carso Yucateco, esta subprovincia se distingue por una losa calcárea cuya topografía se caracteriza por la presencia de carsticidad, ligera pendiente (del 5%) descendente hasta el nivel del mar (oriente), con un relieve de pequeñas ondulaciones en que se alternan crestas y depresiones conformando elevaciones máximas de 22 m en su parte suroeste (colindante hacia el estado de Yucatán).

Dada la solubilidad de las rocas son frecuentes las depresiones en donde se acumulan arcillas de descalcificación, muestran en términos generales una superficie rocosa con ligeras ondulaciones y carece en su extensión de un sistema de drenaje superficial.

Pendiente Media

La zona norte de la entidad presenta en su parte media y occidental depresiones pequeñas de menor relieve, casi planas, con altitudes de hasta 20 msnm, con relativo decremento hacia la costa. La zona de estudio tiene una ligera pendiente del 0.5%, considerándola como poco significativa.

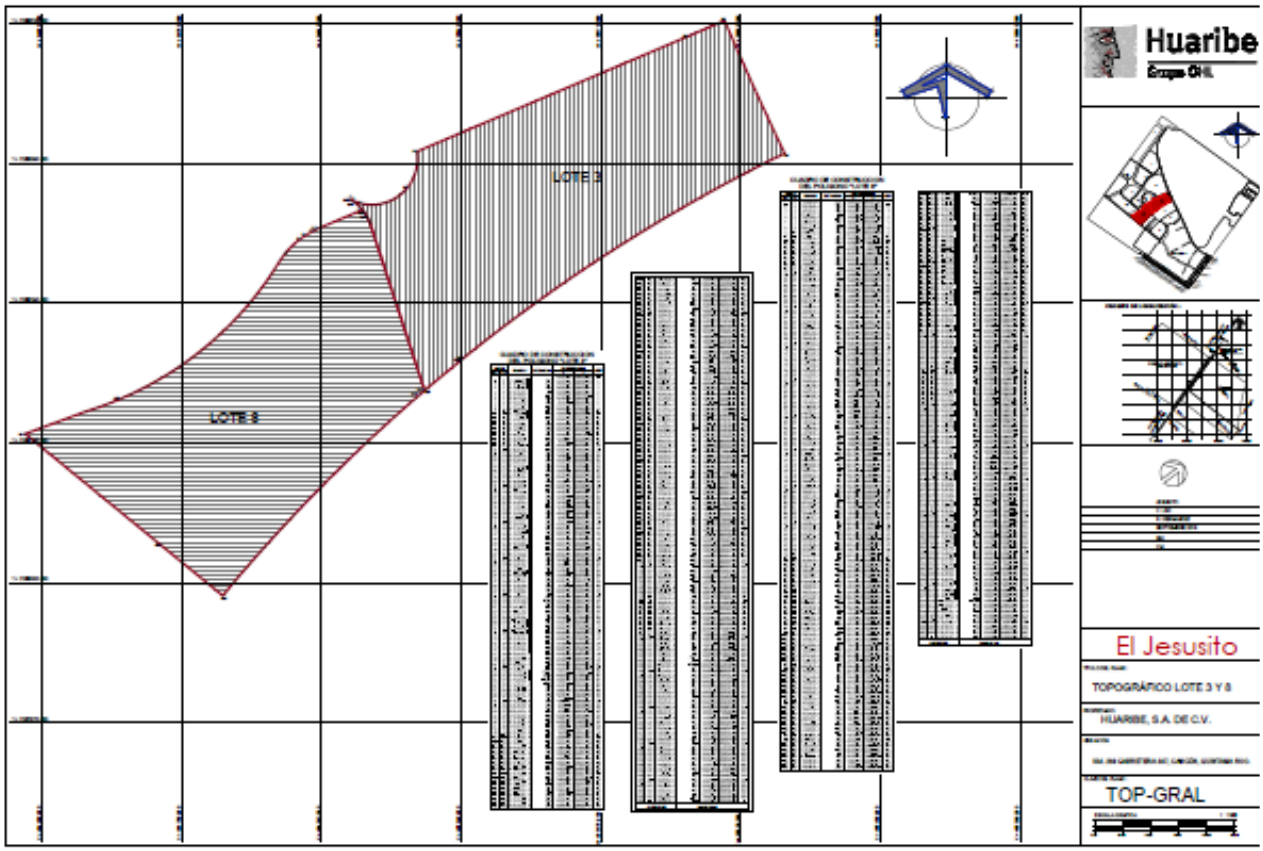
Relieve

Quintana Roo presenta una composición geológica más o menos homogénea en toda su extensión. Hacia el noroeste de la entidad el relieve desciende con una ligera pendiente hacia el oriente, presenta alturas máximas de 22 msnm en su parte suroeste; muestra un relieve ondulado en el que se alternan crestas y depresiones, característico de la carsticidad de la roca caliza que lo conforma, representando desde oquedades minúsculas hasta grandes depresiones en donde se acumulan arcillas de descalcificación, en algunas de las cuales asoma la superficie freática (cenotes), presenta también áreas inundables, localizándose las más extensas de ellas en la porción norte del estado.

Por la parte centro oriental del estado se caracteriza por su relieve escalonado, descendente de poniente a oriente con reducida elevación sobre el nivel del mar, en esta área existen cenotes de gran tamaño varias lagunas y vastas áreas inundables algunas de las cuales permanecen cubiertas por el agua casi todo el año.

En particular para el Proyecto de acuerdo al plano topográfico presentado en la Figura 4. 31, puede apreciarse que tiene forma irregular y presenta una ligera pendiente del 0.5% hacia el nivel del mar.

Figura 4. 31. Plano topográfico del Proyecto. Lote 003 = Lote 32, Lote 008 = Lote 13.

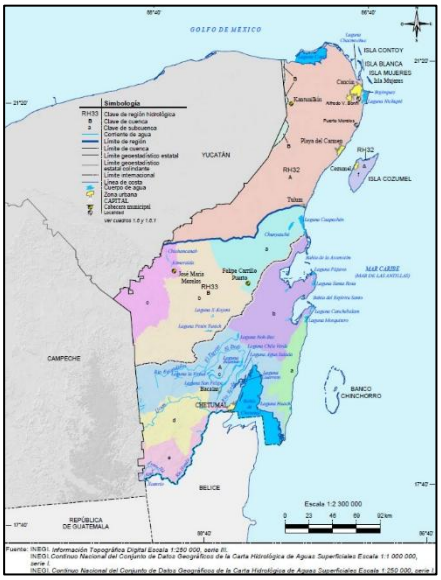


4.3.1.4. Hidrografía

De acuerdo con estudios hidrológicos del estado (INEGI, 2002) y la Comisión Nacional del Agua (CNA), la zona que comprende la, cuenca 32A (subcuenca “d”) Riviera Maya, en la que se incluye el tramo Playa del Carmen Puerto Morelos y su área de influencia, se caracteriza por tener precipitaciones mayores de los 1000 mm anuales así como por la inexistencia de corrientes superficiales debido a la naturaleza calcárea del terreno que presenta una mejor permeabilidad y al relieve del mismo que es sensiblemente plano.

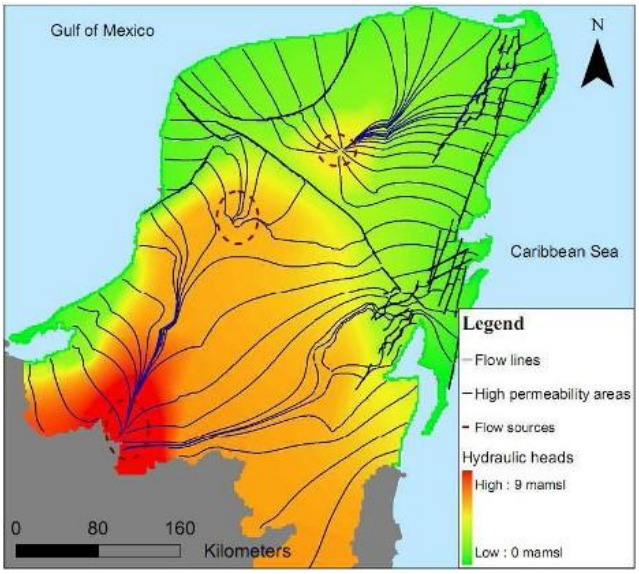
Al no poderse desarrollar las corrientes superficiales, la porción del agua de precipitación que resta a la evaporación es absorbida por las plantas y suelos y el resto satura el terreno, colma el bajo relieve y se infiltra en el subsuelo, dando origen a las aguas subterráneas.

Figura 4. 32. Hidrografía del estado de Quintana Roo.



Desde el punto de vista hidrogeológico en la región, se consideran como representativas las definiciones de los acuíferos hechos por EXYCO (1990). En la Figura 4. 33 se muestra el modelo del flujo general del agua en los ríos subterráneos de la península de Yucatán. A su vez estas direcciones de flujo son corroboradas y validadas mediante métodos geohidrológicos. (CAPAGHCI.C.2010)[12].

Figura 4. 33. Modelo del flujo general del agua en los ríos subterráneos de la península de Yucatán (Charvet, 2009).



[12] https://sites.northwestern.edu/monroyrios/category/hidrologia/

El flujo regional se produce de la parte oeste del estado de Quintana Roo y fluye por medio del fracturamiento principal y secundario hacia las costas.

Por lo anterior y de acuerdo con los datos del INEGI (2001), en el estado de Quintana Roo, el 80% de la precipitación anual que se registra se infiltra hacia el subsuelo a través de grietas que existen en la masa rocosa. Se considera que un 72.2% del agua infiltrada (unos 35,000 Mm^3/año), es retenida por las rocas que se encuentran arriba de la superficie freática, para posteriormente ser extraída por la transpiración de las plantas, el otro 27.8% contribuye a la recarga efectiva del acuífero, aportando unos 13,500 mm^3.

Ríos Subterráneos

El flujo de las aguas subterráneas en las rocas carbonatadas, calizas fosilíferas y coquinas, se realiza a través de los espacios; tales como: poros, microfracturas, fracturas, grietas, cavidades o grutas subterráneas; todas ellas de origen cárstico. La mayor o menor conexión de los espacios determina la permeabilidad del subsuelo y la distribución o tendencia preferente de los espacios determina la dirección del flujo y la homogeneidad del nivel freático.

Para la región el flujo de las aguas subterráneas tiene una dirección sensiblemente hacia el norte, aunque con una tendencia hacia el este y sureste (tal y como se registra en la Carta Aguas Subterráneas Cozumel F-16-11 del INEGI (1984). Asimismo, la profundidad del nivel estático oscila entre los 8 y 10 msnm, disminuyendo de 1 a 6 m hacia oriente.

Hacia la porción sur de la subcuenca “d” y en el área de Tulum y fuera del área de influencia del Proyecto, han sido explorados poco más de 630 kilómetros de cuevas subacuáticas, mapeados en casi 35 años de exploración. Por lo que se ha ubicado la cueva subacuática más larga del planeta que se extiende por más 360 km a una profundidad media de 21 m y una máxima de 120 m en una oquedad profunda llamada “El Pit”

Asimismo, se ubica el Sistema Sac Aktun, que descarga el agua de lluvia infiltrada a través de la roca hacia el Mar Caribe en ojos de agua y en caletas como Xel-Ha y Yalkú. Cuando desciende el nivel del mar, las cuevas antes llenas de agua se llenan de aire, perdiendo soporte y provocando el colapso y derrumbe del techo en diferentes secciones, creando puntos de acceso a la cueva. El Sistema Sac Aktun cuenta con más de 220 cenotes. El área que contiene a Sac Aktun tiene una densidad de cuevas de 2.9 km/km^2.

Un poco más al sur de la ciudad de Tulum, se ubica el sistema Ox Bel Ha, donde la densidad de cuevas alcanza 5.2 km/km^2. Estos sistemas de cuevas mantienen el balance hidrológico de la zona descargando el agua infiltrada de la lluvia hacia el Mar Caribe.

De manera particular para el Proyecto, éste se localiza en una región cárstica de calizas o dolomitas que tienen drenaje subterráneo debido a la disolución de la roca. Las condiciones geológicas con la precipitación actúan en conjunto con la disolución de la roca caliza causado por el agua a través de la red de drenaje subterráneo y que ha creado de esta manera un paisaje cárstico típico de ríos subterráneos.

Estos procesos determinan que en la región no existan ríos superficiales y que todo el drenaje sea subterráneo dirigiéndose desde los sitios de recarga hacia la descarga litoral de manera prácticamente radial.

De esta manera el drenaje subterráneo constituye una red que funciona de manera directamente proporcional a la magnitud de la precipitación que ocurre en las diversas temporadas climáticas, por otra parte, la hidrología superficial del predio del proyecto a simple vista no se aprecia debido a que el agua de lluvia que cae en la temporada se infiltra al subsuelo favoreciendo el establecimiento de la vegetación natural.

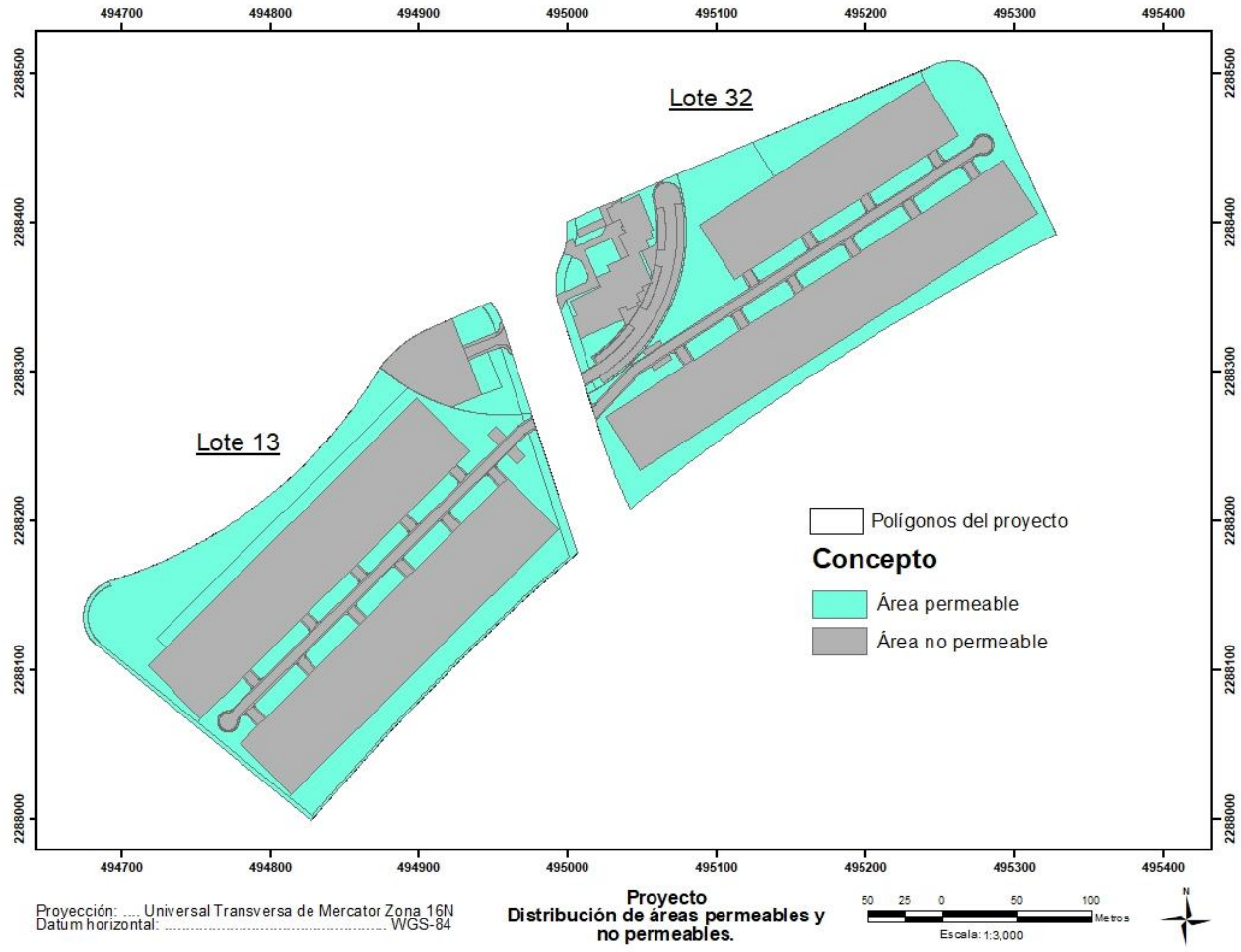
Por otra parte, de acuerdo al Programa Municipal de Desarrollo Urbano de Solidaridad 2010-2050, se considera que el municipio se ubica dentro de la Cuenca 32A y cuenta con una superficie de 2’128,054.31 m^2 (212,805.45 ha), así mismo y de acuerdo con la caracterización municipal se distribuyen distintos tipos de vegetación.

De acuerdo con los datos señalados y tomando en consideración únicamente los ecosistemas de selva mediana subperennifolia y la vegetación secundaria derivada de la misma, se registra que para el municipio estos ambientes alcanzan cobertura en una superficie combinada de 174,449.85 ha. Asimismo, estas zonas se encuentran cubiertas de vegetación natural, lo que facilita que el agua de lluvia se percole libremente, contribuyendo a la formación y recuperación del acuífero.

En este sentido, el proyecto afectará 7.98 ha, lo que representa tan solo un 0.004574380547% de la superficie total que favorece la captación y percolación del agua de lluvia en el municipio. Además, el proyecto mantendrá una cobertura vegetal natural o de conservación del orden de los 2.66 ha (25.00%) que quedará en pie formando parte del Proyecto.

Adicionalmente, no toda la superficie que se solicita como cambio de uso de suelo será aprovechada ya que el Proyecto contará con áreas permeables tal y como se muestra en la Figura 4. 34.

Figura 4. 34. Distribución en el Proyecto de las áreas permeables y no permeables.



4.3.1.5. Geología

El marco geológico de Quintana Roo está formado por rocas sedimentarias que fueron originadas en los periodos Terciario y Cuaternario, en los últimos 66 millones de años. Las rocas más antiguas son calizas dolomitizadas, silicificadas y recristalizadas, de coloración clara y con delgadas intercalaciones de margas y yeso; datan del Paleoceno al Eoceno (66-52 millones de años), y afloran en la porción sur del estado, presentando espesores de varios cientos de metros. Sobre estas rocas y aflorando en la parte centro occidental de la entidad, se encuentran calizas fosilíferas del Eoceno Medio (52-43 millones de años), cuyo espesor promedio es de hasta 185 m.

La porción norte del estado, que corresponde a la cuenca 32A (subcuenca “d”) en donde se ubica la Riviera Maya y el Proyecto, las capas geológicas superiores sobreyacen a calizas fosilíferas del Eoceno Medio (52–43 millones de años) y sedimentos de tipo arcillosos y depósitos evaporíticos que rellenaron depresiones existentes durante el Terciario Superior y el Cuaternario (en los últimos 23 millones de años).

Las rocas más jóvenes que forman la geología superior son de edades del Pleistoceno reciente. Afloran en áreas dispersas, las coquinas, calizas y depósitos del litoral areno–arcilloso se pueden

observar en la franja costera; mientras que el material residual arcilloso y calichoso es producto de alteraciones de espesor reducido en las áreas anteriores. El nivel del agua comienza a ascender y alcanza su mayor velocidad en el Pleistoceno, como consecuencia del aumento de la temperatura y la retirada de los hielos en la última glaciación.

Geología Estructural

Las investigaciones realizadas en la península de Yucatán por la Sociedad Geológica de Nueva Orleans, revelan tres zonas principales de fracturamiento y fallamiento, y que estructuralmente caracterizan al estado.

El análisis estructural de la región, presentado por el Estudio Hidrológico de Quintana Roo (INEGI, 2002), indica que los rasgos observados tienen orientaciones preferenciales asociados a las estructuras mencionadas de dirección NE-SW y NW-SE.

Los rasgos estructurales más notables se exhiben en dos direcciones básicamente en el sur, una que corresponde principalmente a fracturas y que presenta la falla de mayor extensión alineándose de noroeste a sureste, la otra se relaciona con la orogénesis del Eoceno Superior, durante esta fase tectónica compresiva se afectó notablemente a las Antillas y en la Península solo se produjo un abombamiento y mínimas deformaciones el cual se representa en la costa maya.

Litología

La constitución geológica del norte del estado de Quintana Roo, (cuenca 32A, subcuenca “d”), es de tipo calcáreo y de relativamente reciente emersión, con elevado contenido de rocas sedimentarias marinas calizas, con abundante pedacería y fragmentos diminutos de conchas, coral y arena gruesa de origen biogénico.

Esta región está situada sobre un lecho calcáreo que data del Pleistoceno Tardío (hace 20,000 – 25,000 años). A lo largo de la costa, el lecho rocoso está cubierto por un depósito de material poco firme conformado por arena en las playas en el litoral- y lodos con un alto contenido de materia orgánica en los humedales detrás de la costa, ambos se formaron durante el presente ciclo de sedimentación (desde el Holoceno hace 5,000 años hasta la actualidad).

La porción norte de Quintana Roo, que comprende la cuenca 32A (subcuenca “d”) desde el punto de vista geológico, corresponde al Terciario Superior Ts (cz).

Terciario Superior Ts (cz), esta formación descansa concordante con la Estero Franco sobre la de Bacalar, o en discordancia sobre las rocas del Eoceno. Esta unidad se localiza desde la Bahía de Chetumal hasta casi llegar al litoral norte del estado cubriendo la mayor parte de este. Unidad en la que quedan comprendidas las rocas calcáreas de la formación Carrillo Puerto asignada al Mioceno Superior- Plioceno formadas por calizas macrocristalinas y de diferentes texturas: biomicrita, ooespatita, oolinita o biocalcarenita de facies de plataforma somera y color café claro amarillo, rojo y blanco. Está constituida por una calcirudita fosilífera de aproximadamente un metro de espesor que contiene abundantes fragmentos de corales, equinodermos, pelecípodos y gasterópodos además de foraminíferos entre otros, también se encuentran calizas compactas con Peneroplidae del género *Archaias* considerado como fósil índice de esta formación y calizas arcillosas que al alterarse producen arcillas rojas lateríticas.

El área donde se ubica el Proyecto, corresponde al Cuaternario Q(cz) que está representado por calizas coquiníferas de ambiente de litoral y eolianitas pleistocénicas, así como depósitos recientes sin consolidar; suelos de origen aluvial, lacustre y palustre que muchas veces sobreyacen discordantes a las rocas calcáreas expuestas.

Por otra parte, las rocas que se ubican en el área del Proyecto corresponden a tres tipos fundamentales:

1. Rocas con superficie kárstica. Éstas son rocas de forma más o menos esférica y con gran número de entrantes y salientes, que dan la impresión de ser un material modelado y presionado con los dedos; la cubierta exterior es de color gris claro a oscuro; en el interior se aprecian inclusiones de color rojo, amarillo o crema, no presentan incrustaciones de conchas.

2. Rocas calcáreas. Éstas presentan una cubierta exterior negra o gris y su interior de color blanco, con pequeñas incrustaciones blancas, rojas o amarillentas, en forma anular o tubular, contienen inclusiones de conchas fósiles.

3. El sahkab. Ésta es una roca calcárea de origen sedimentario formada por concentración de soluciones. Posee pequeñas cantidades de óxidos e hidróxidos de hierro, arcilla y feldespatos. El contenido de carbonato de calcio es muy alto (›90%). El sahkab es probable que se haya formado en aguas marinas, poco profundas y cercanas al litoral, quizás en verdaderas lagunas costeras con comunicación temporal al mar (Robles Ramos 1958).

El Proyecto, está conformado por depósitos carbonatados del Cuaternario principalmente del Pleistoceno y superficialmente por arenas compactas a semicompactas, limos y suelos orgánicos coronados en algunos sitios por caliza recristalizada compacta (caliche) de poco espesor. Se identifican en superficie rasgos fisiográficos característicos de zonas cársticas como dolinas, rehoyadas, cenotes y cavidades; estructuras originadas sobre ejes de fracturamiento y/o en sus intersecciones. Los principales ejes de fracturamiento en dirección NW-SE.

Figura 4. 35. Geología a nivel regional.

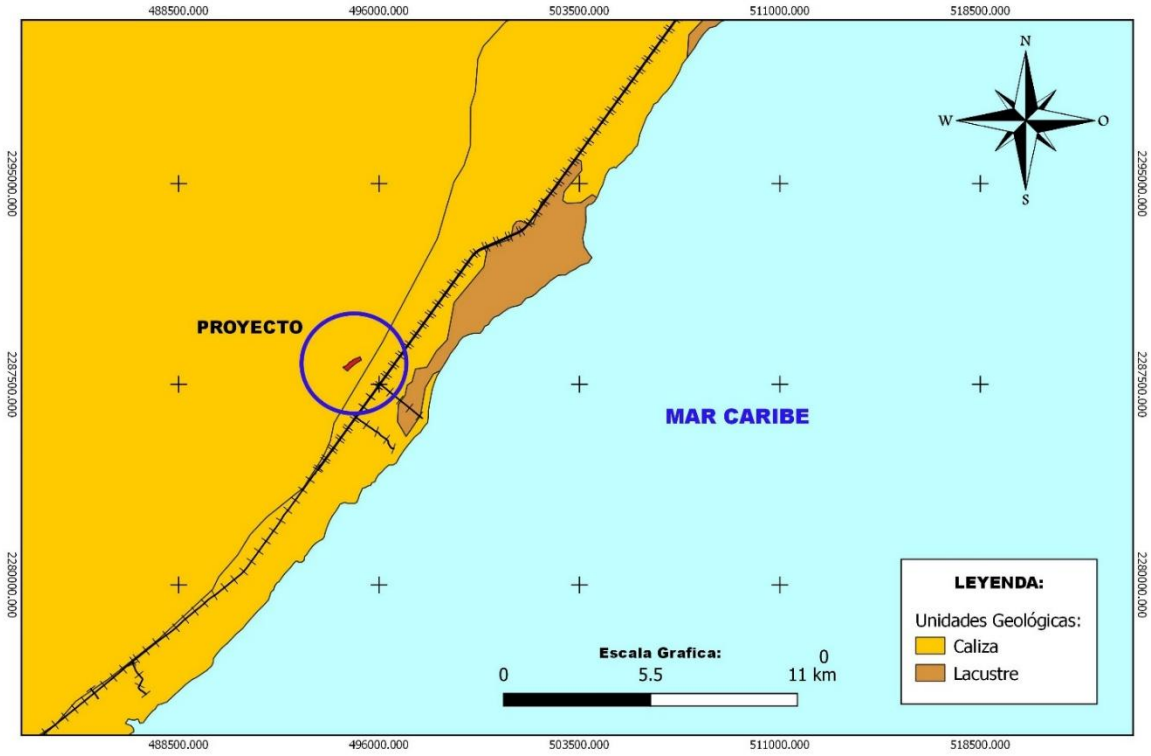
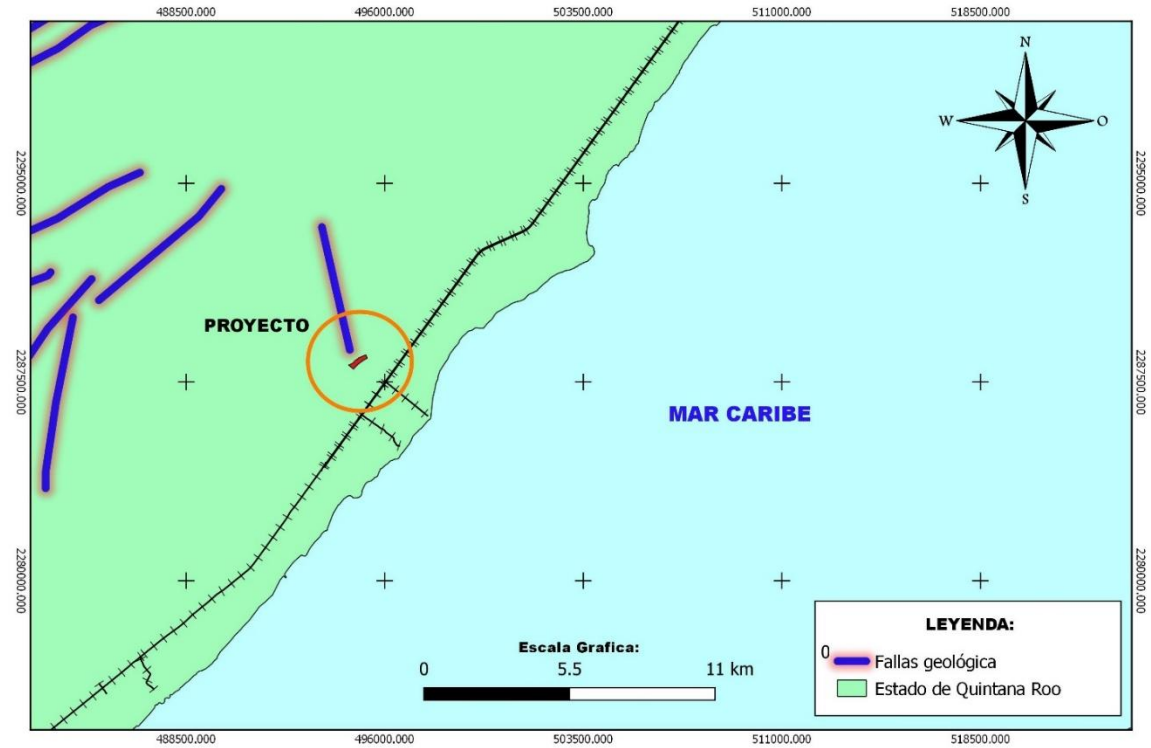


Figura 4. 36. Plano de fallas y fracturamiento.



4.3.2. Medio Biótico

4.3.2.1. Vegetación

De acuerdo con Flores y Espejel (1994,) el estado de Quintana Roo posee ocho tipos de vegetación, todos ellos de carácter tropical; como son: Selva alta subperennifolia, selva mediana subcaducifolia, selva baja subperennifolia, vegetación de dunas costeras, manglar, palmar, tular y vegetación secundaria. Además, como vegetación inducida se encuentran el pastizal cultivado y agricultura de temporal.

Con respecto a los orígenes de la flora, se ha registrado en el Jardín Botánico Dr. Alfredo Barrera Marín en Puerto Morelos (Escalante, 2000), que esta corresponde a ocho patrones de distribución. Por lo que se pueden encontrar especies endémicas a la Península de Yucatán hasta especies de distribución pantropical que incluye los reinos neotropical y paleotropical (África y/o Australasia).

Además, se debe considerar que la franja que corresponde al corredor Cancún-Tulum abarca diferentes tipos de vegetación como son manglar, selva baja, selva mediana y claros (González-Romero y López-González, 2000), aunque se debe de agregar la vegetación costera como la correspondiente al matorral costero y de dunas.

De manera general, solamente existen algunos documentos con información básica. De tal manera, que los principales estudios se han enfocado en los aspectos fisonómicos de la selva mediana subperennifolia, misma que se considera como la vegetación dominante y típica de la zona norte de Quintana Roo. Sobre esta vegetación, Sánchez (1987) reporta el análisis de las características estructurales de la selva mediana subperennifolia en el Jardín Botánico “Alfredo Barrera Marín”. En este estudio se reportan datos sobre densidad, frecuencia, dominancia e índices ecológicos que son propios de este tipo de ecosistema, solo que no se hace ninguna consideración sobre las modificaciones que suelen manifestarse dentro de esta vegetación por el desarrollo de actividades productivas.

Por su parte, Whigham et al., (1990), dieron a conocer los patrones de crecimiento de las especies arbóreas en el Rancho San Felipe, localidad ubicada a 7 km al sur de Puerto Morelos. En este documento se señala la existencia de una íntima relación entre el factor crecimiento con los porcentajes de precipitación mensual y anual que se dan en la zona. Asimismo, Whigham et al. (1991), Trejo (1996) y Sánchez, et al., (2000), realizaron una serie de evaluaciones sobre los efectos en la estructura de la vegetación de la selva mediana subperennifolia, ocasionados por el paso del Huracán Gilberto en 1988, señalando los destrozos que este fenómeno produjo en la zona.

4.3.2.1.1. Caracterización Ambiental de la Vegetación en la Cuenca Hidrológica Forestal y el Sistema Ambiental Regional

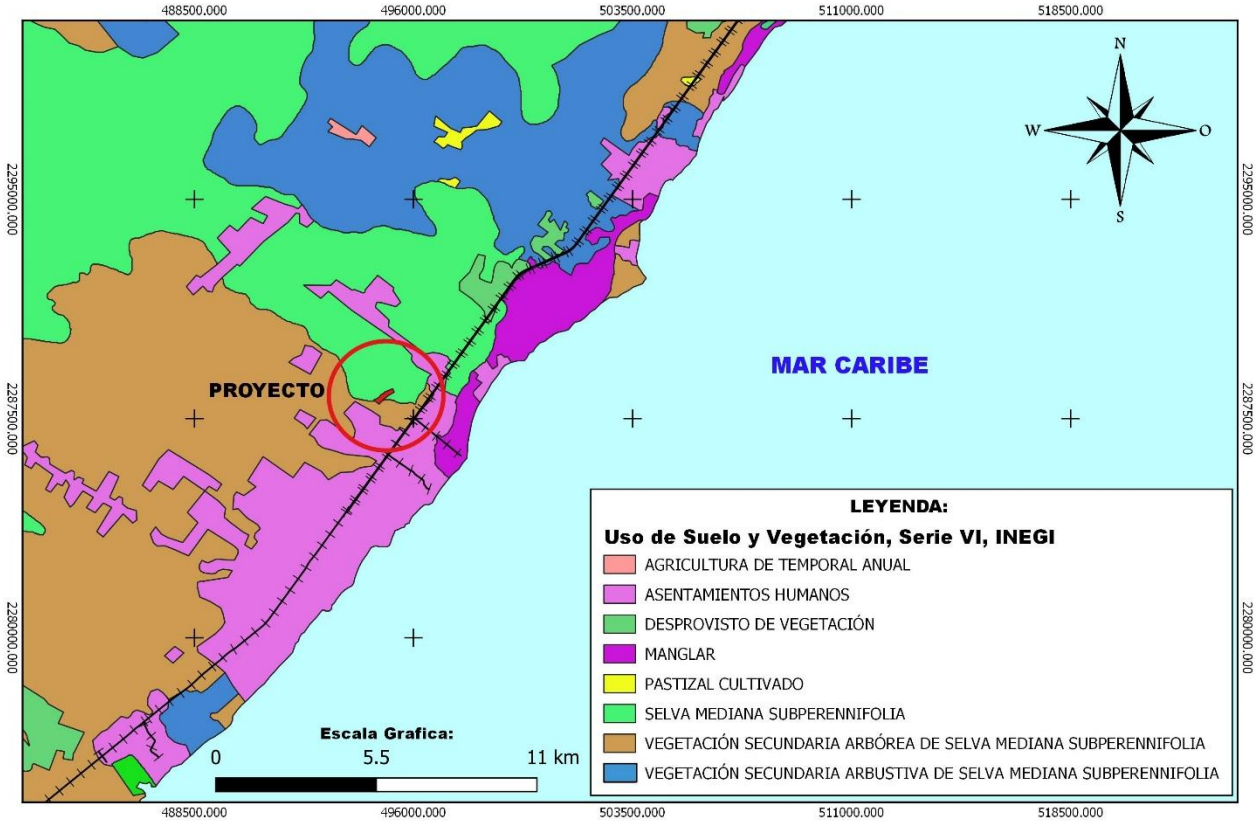
La vegetación de la cuenca 32A (Quintana Roo), subcuenca “d”, y en específico la zona norte del estado de Quintana Roo, de acuerdo con la cartografía de uso de suelo y vegetación serie VI del INEGI (2017), presenta un mosaico de comunidades vegetales que responden a un conjunto de condiciones edáficas, geomorfológicas, microclimáticas y antropogénicas.

A lo largo de la subcuenca se pueden observar ecosistemas costeros como humedales y en la medida que cambia la elevación se puede observar la selva y vegetación secundaria en general producto de las diferentes actividades realizadas por las poblaciones cercanas.

De este a oeste, el patrón general de distribución de los ecosistemas en la cuenca, es el siguiente:

- Duna costera (UV)
- Manglar (VM)
- Tular (VT)
- Cuerpos de agua (H2O)
- Selva baja subcadufolia (SBS)
- Selva mediana subperennifolia (SMQ)

Figura 4. 37. Distribución de los tipos de vegetación en la CHF y SA.



- **Duna costera**

De acuerdo con la cartografía de uso de suelo y vegetación serie VI (2017) y a la guía de interpretación de la cartografía de uso del suelo y vegetación de la serie V, INEGI 2014. Esta comunidad vegetal se establece a lo largo de las costas, se caracteriza por la presencia de plantas pequeñas y suculentas. Las especies que la forman juegan un papel importante como pioneras y fijadoras de arena, evitando con ello que sean arrastradas por el viento y el oleaje. Algunas de las especies que se pueden encontrar son nopal (*Opuntia dillenii*), riñonina (*Ipomea pes-caprae*), alfombrilla (*Ambrosia marítima*), croton (*Croton ssp*), verdolaga (*Sesuvium portulacastrum*), etc., También se pueden encontrar algunas leñosas y gramíneas como el uvero (*Coccoloba uvifera*), pepe (*Chrysobalanos icacos*), cruceto (*Randia sp*), espino blanco (*Acacia sphaerocephala*), mezquite (*Prosopis julifera*), zacate salado (*Distichlis spicata*), zacate (*Sporobolus sp*) entre otros.

En particular para la cuenca 32A, esta vegetación se encuentra en las zonas de playa en la costa, donde se ve interrumpida por la selva que a la vez se mezcla con el manglar, se encuentra distribuido en franjas de entre 30 y 100 m de ancho, dentro de esta vegetación se puede observar dos tipos de asociaciones las cuales se distinguen de acuerdo con la dominancia de especies herbáceas, arbustivas y/o arbóreas.

- **Manglar**

Es una comunidad densa, dominada principalmente por un grupo de especies arbóreas, conocidas como mangles que se distribuye en los litorales del Océano Pacifico, Golfo de California y Océano Atlántico, en zonas con clima cálidos húmedos y subhúmedos y de muy baja altitud.

Se desarrolla en las márgenes de lagunas costeras y esteros desembocaduras de ríos y arroyos, pero también en las partes bajas y fangosas de las costas; siempre sobre suelos profundos, en sitios inundados sin fuerte oleaje o con agua estancada. Un rasgo peculiar que presentan los mangles es la presencia de raíces en forma de zancos, o bien de neumatóforos, características de adaptación que les permiten estar en contacto directo con el agua salobre sin ser necesariamente plantas halófilas.

Los mangles son especies perennifolias y el estrato y el estrato dominante que forma es generalmente arbóreo, aunque también puede ser subarbóreo o hasta arbustivo, las alturas de los mangles pueden variar, de manera general desde 1 hasta 30 metros.

En México predominan cuatro especies en los manglares: mangle rojo (*Rhizophora mangle*), mangle salado o negro (*Avicennia germinans*), mangle blanco (*Laguncularia racemosa*) y mangle botoncillo (*Conocarpus erectus*), frecuentemente estas especies se encuentran asociadas entre sí, pero con diferentes grados de dominancia cada una de ellas.

Para la cuenca 32A, los manglares, en general presentan dominancia de al menos 3 especies de las cuatro presentes en la Península de Yucatán con diferentes alturas que van desde 1 hasta 8 m. asociado entre sí, se desarrollan a manera de mosaicos en el que en ocasiones es difícil diferenciar una comunidad de otra, dada la gran mezcla de elementos que lo constituyen. Sin embargo, puede observarse una transición desde las áreas de tierra firme sobre todo por el verde intenso del mangle todo del año.

- **Tular**

Es una comunidad de plantas acuáticas, distribuida principalmente en altiplanicies y llanuras costeras, en sitios con climas desde cálidos hasta templados, con amplios rangos de temperatura, precipitación y altitud. Se desarrolla en lagunas y lagos de agua dulce o salada y de escasa profundidad, así como en áreas pantanosas, canales y remansos de ríos. Las plantas de esta comunidad viven arraigadas en el fondo y constituyen masas densas con hojas largas y angostas, formando prácticamente un solo estrato herbáceo de 80 cm hasta 2.5 m de altura.

Este tipo de vegetación está constituido básicamente por plantas de tule (*Typha ssp*), y tulillo (*Scirpus spp*), pero también incluye los llamados carrizales de *Phragmitis communis* y *Arundo donax* y los saibadales de *Cladium jamaicense* del sureste del país.

En general el tular forma parte de las zonas inundables de la cuenca 32A, representando una menor proporción que a decir verdad en la escala a la que se presenta la serie VI, no son cartografiables.

- **Cuerpos de agua**

Los cuerpos de agua permanentes en la cuenca 32A son pocos, sobre todo las lagunas que se encuentran en las inmediaciones de la costa, como la laguna Nichupté.

- **Selvas (tipos de vegetación)**

De acuerdo con la guía para la interpretación de la cartografía de uso del suelo y vegetación de la serie V, INEGI 2014, para los diferentes tipos de vegetación que se presentan, su agrupación se basa en afinidades ecológicas, florísticas y fisonómicas, considerando que éstas se agrupan en primera instancia por cuestiones climáticas, aunque en ocasiones los aspectos edafológicos, geológicos y topográficos toman una especial relevancia.

Otro aspecto que considera en el sistema de clasificación es el que se denomina “Desarrollo de la Vegetación” que agrupa a la vegetación por su grado de afectación, ya sea por causas naturales o antropogénicos, así pues, se habla de vegetación primaria, esto es sin disturbio o bajo nivel de este o secundaria, que es aquella que debido a perturbaciones ha sido modificada y presenta el proceso de sucesión.

Desarrollo de la vegetación: Este concepto se refiere a los distintos estados sucesionales de la vegetación natural y considera lo siguiente:

- Vegetación primaria: Es aquella en que la vegetación no presenta alteraciones significativas o la degradación no están manifiesta.

- Vegetación secundaria: Cuando un tipo de vegetación es eliminado o alterado por diversos factores humanos o naturales el resultado es una comunidad vegetal significativamente diferente a la original y con estructura y composición florística heterogénea.

Por otra parte, de acuerdo con INEGI (2014), actualmente y a causa de la actividad humana, la definición y determinación de vegetación secundaria se ha vuelto más compleja, ahora las áreas afectadas ocupan grandes superficies y variados ambientes, ya no son tan localizadas y a veces la presión es tanta que inhibe el desarrollo de la misma provocando una vegetación inducida.

A causa de la complejidad de definir los tipos de fases sucesionales, dada su heterogeneidad florística y ecológica y su difícil interpretación aun en campo, se consideran con base en las formas de vida presentes y su altura tres fases:

- Vegetación Secundaria herbácea
- Vegetación Secundaria arbustiva
- Vegetación Secundaria arbórea

➢ **Selva baja subcaducifolia**

De acuerdo con Miranda, 1958 (Tipos de Vegetación de la Península de Yucatán) la selva baja alcanza alturas entre 8 y 15 m, pero en general es más baja (6 - 8 m), distinguiéndose por la continua presencia de la elegante palma llamada yaxhalalche' o kuka' (*Pseudophoenix sargentii)* intercalada en mayor o menor abundancia con la despeinada (*Beucarnea pliabilis*).

Esta palma se encuentra a lo largo de la costa noreste de la Península, cerca de Puerto Morelos Quintana Roo, y la región del Cuyo en Yucatán, colindando con la selva subperennifolia de zapote con chit. En la selva baja decidua con *Pseudophoenix* eran frecuentes la *Beucarnea pliabilis*, *Eugenia sp*, *Guayacum santum* y *Plumeria obtusa* entre otros.

De acuerdo con los estudios hidrológicos de Quintana Roo (INEGI 2002), la selva baja subcaducifolia se ubica entre los poblados de Felipe Carrillo Puerto, Tulum y una porción de Puerto Morelos en la costa centro-norte de Quintana Roo, esta selva limita principalmente con la selva mediana subperennifolia con vegetación secundaria arbórea.

El estrato superior típico lo componen elementos de 6 a 8 m de altura como: Chechem (*Metopium brownei*), pomolché (*Jatropha gaumeri*), chaca (*Bursera simaruba*) y chicozapote (*Manilkara zapota*); en el estrato intermedio corresponde a elementos de 3 a 5 m, como, flor de mayo (*Plumeria rubra*), despeinada (*Beucarnea pliabilis*), kuka (*Pseudophoenix sargentii*) y en el estrato inferior se encuentran especies de 1 a 2 m, como subín (*Acacia cornigera*), pata de vaca (*Bauhinia divaricata*), etc.

De acuerdo con la guía para la interpretación de la cartografía de uso del suelo y vegetación de la serie V, INEGI 2014, la selva baja subcaducifolia se distribuye al poniente de Yucatán, al norte de Quintana Roo y en la Costa Maya.

Los climas en que se desarrollan son los del tipo semicálido subhúmedo y seco semicálido con temperaturas que oscilan entre los 16 ºC y los 36 ºC, se desarrollan a una altitud entre los 50 a 100 msnn sobre suelos poco desarrollados y profundos.

Fisonómicamente es semejante a la selva baja caducifolia, excepto en que los árboles dominantes conservan por más tiempo el follaje a causa de una mayor humedad edáfica. Impactan visualmente los elementos de *Beucarnea pliabilis* y *Pseudophoenix sargentii*.

El estrato superior típico lo componen elementos con 5 o 6 metros de altura como chechem negro (*Metopium brownei*), tzalam (*Lysiloma latisiliquum*), pomolche' (*Jatropha gaumeri*), chaka (*Bursera. simaruba*), ya'axnik (*Vitex gaumeri*), sak-katsim (*Mimosa bahamensis*), kitanche (*Caesalpinia gaumeri*), akits (*Thevetia gaumeri*), boob (*Coocoloba barbadensis*), en el estrato intermedio tiene a elementos de 2 a 3 metros de altura como el nance (*Byrsonimia crassifolia*), flor de mayo (*Plumeria rubra*), ts'ipil (*Beucarnea pliabilis*), palma kuka (*Pseudophoenix sargentii*), palma de guano (*Sabal yapa*), katalox (*Swartzia cubensis*), chi'may (*Pitecellobium dulce* y *P.*

albicans) y crotón (*Croton ssp*). En el estrato inferior se encuentran especies de 1 a 2 m de altura como: Subín (*Acacia sp.*), pata de vaca (*Bauhinia sp*) y subinche (*Platimisium yucatanum*).

Son especies importantes: Chechen (*Metopium brownei*), tzalam (*Lysiloma latisiliqua*), ts´ipil (*Beucarnea pliabilis*), kuka (*Pseudophoenix sargentii*), ki, babki (*Agave angustifolia*), chaka (*Bursera simaruba*), tskam (*Nopalea gaumeri*), ch´om (*Bromelia pinguin*), boob (*Coccoloba sp*) y akits (*Thevetia gaumeri*).

En la cuenca 32A y específicamente la subcuenca “d” este tipo de vegetación comprende una porción que se distribuye paralela la carretera federal en el tramo Tulum – Akumal, es una selva baja subcaducifolia en donde los elementos componentes principales son la palmas (*Pseudophoenix sargentii, Coccothrinax readii y Thrinax radiata*), así como chicozapote (*Manilkara zapota*), chaca (*Bursera simaruba*) la despeinada (*Beucarnea pliabilis*) y flor de mayo (*Plumeria rubra*). Esta vegetación se encuentra con cierto grado de perturbación al estar sometida a la presión principalmente por el ruido que ocasionan el flujo vehicular de la carretera federal y de los turistas que ingresan a los desarrollos colindantes, así mismo los impactos ocasionados por los huracanes en años anteriores se hacen presente, pues se observa árboles y arbustos caídos, quebrados y descopados en la zona.

Esta vegetación en general tiene una altura de entre 4 a 6 m y algunos individuos de palma kuka (*Pseudophoenix sargentii*) que llegan alcanzar hasta los 8 m de altura sobresaliendo del dosel, así mismo los impactos ocasionados en años anteriores por los huracanes se hacen presente en la vegetación.

- **Selva mediana subperennifolia**

De acuerdo con la cartografía de uso de suelo y vegetación serie VI y a la guía de interpretación de la cartografía de uso del suelo y vegetación de la serie V, del INEGI 2014. Los componentes arbóreos de este tipo de vegetación pierden estacionalmente su follaje en un 25 a 50% se desarrolla en lugares con climas cálido húmedos y subhúmedos, Aw para las porciones más secas, Am para las más húmedas y Cw en menor proporción. Con temperaturas típicas entre 20 y 28 ºC. La precipitación total anual del orden de 1000 a 1600 mm. Se le puede localizar entre los 0 a 1300 m de altitud. Ocupa lugares de moderada pendiente, con drenaje superficial más rápido o bien en regiones planas, pero ligeramente más secas y con drenaje rápido, como en la península de Yucatán. El material geológico que sustenta a esta comunidad vegetal está conformado predominantemente por rocas cársticas.

Los árboles de esta comunidad tienen contrafuertes y por lo general poseen muchas epifitas y lianas. Los árboles tienen una altura media de 25 a 30 m, alcanzan un diámetro a la altura del pecho menor que los de la selva alta perennifolia aun cuando se trata de las mismas especies. Es posible que esto se deba al tipo de suelo y a la profundidad. En este tipo de selva se distinguen tres estratos arbóreos de 4 a 12 m, de 12 a 22 m y de 22 hasta 30 m. Dentro de los estratos se encuentran varios tipos de palmas.

Son especies importantes de este tipo de *selva Lysiloma latisiliquum, Brosimum alicastrum (ox, ramón, capomo) Bursera simaruba (chaka, palo mulato, jiote, copal), Manilkara zapota (ya’ zapote, chicozapote), Lysiloma latisiliquum. (tzalam, guaje, tepeguaje), Vitex gaumeri (yaaxnic), Bucida buceras (pukte), Alseis yucatanensis (jaasche), Psidium sartorianum (pichiche’), Carpodiptera floribumda*. Las epifitas más comunes son alguno helechos y musgos abundantes orquídeas, bromelias y aráceas.

Se distribuye en Yucatán, Quintana Roo, (incluyendo la isla de Cozumel), Campeche, Jalisco, Veracruz, Chiapas, Colima, Guerrero, y Oaxaca.

Este tipo de vegetación cubre prácticamente toda la cuenca 32A con excepción de la zona costera de la misma, en donde prevalece la zona inundable, y una pequeña porción de selva baja, presenta cierto grado disturbio por los ya numerosos asentamientos humanos, y las actividades agropecuarias (vegetación secundaria arbórea), como la milpa, la ganadería y otras actividades como los bancos de préstamo que han cambiado su composición natural.

Los árboles que componen este tipo de vegetación en la cuenca presentan diferencias de alturas que van de los 8, 10 y hasta 15 m, en esta asociación se observa la presencia de palmas formando parte del estrato bajo y medio, algunas especies arbóreas presentan contrafuertes y por lo general poseen epifitas y lianas, las especies importantes de este tipo de vegetación son: *Lysiloma latisiliquum* (tzalam), *Brosimum alicastrum* (ramón), *Bursera simaruba* (Chaká), *Manilkara zapota* (chicozapote), *Vitex gaumeri* (ya'axnic), *Alseis yucatanensis* (ja'asche), entre otros.

Así también se menciona que esta asociación vegetal al igual que toda la cobertura forestal del estado ha sufrido del impacto de los diversos fenómenos naturales que con el paso de los años han afectado a la región y en específico la cuenca 32A, es por ello por lo que puede observarse la presencia de árboles caídos, muertos en pie y en mucho de los casos descopados además de procesos de regeneración natural.

De acuerdo a la cartografía de uso del suelo y vegetación de la INEGI serie VI y las observaciones realizadas, la vegetación que cubre prácticamente todo la cuenca y en específico la subcuenca "d" donde se ubica el Proyecto y que será afectada, corresponde a una sucesión secundaria arbórea derivada de la selva mediana subperennifolia (es decir selva mediana subperennifolia / vegetación secundaria arbórea) y que fue seriamente modificada por diferentes actividades entre ellas la agropecuaria a través de los años. Mismas que fueron abandonadas hace muchos años, por lo que desde entonces ha prosperado una asociación selvática. No obstante, esta misma ha sido objeto de modificaciones de carácter natural debido a los efectos de los distintos fenómenos atmosféricos de tipo extraordinario que se han manifestado en la región. De esta manera, se considera que este ecosistema en si corresponde a una fase o etapa sucesional avanzada de recuperación de una vegetación de características más alta y con elementos de tipo corpulento que por ahora se encuentran ausentes.

A diferencia de los parámetros de altura que se manifiestan en la serie VI (INEGI), para este tipo de vegetación esta se ha definido como selva mediana debido a que tiene una dominancia de elementos que alcanzan hasta 10 m, de altura y posiblemente existen árboles un poco más altos que sobresalen del dosel, así mismo sea aplicado el término subperennifolia debido a que entre el 25 al 50% de las especies tiran sus hojas durante la temporada seca del año (Pennington y Sarukhán 1968).

Actualmente se observa a esta zona como una selva mediana con vegetación secundaria arbórea en grado medio de conservación con una diferencia de altura, es decir al frente o cerca de la carretera federal se observa la vegetación con alturas de 5 a 6 m y en la medida que se adentra un km al fondo se observa alturas de has 10 m. con dominancia de especies características tzalam (*Lysiloma latisiliquum*), jabin (*Piscidia piscipula*), xul (*Lonchocarpus xuul*), kanasin (*Lonchocarpus rugosus*), entre otros, así también el ficus (*Ficus conitifolia*), chechem (*Metopium brownei*), chacá (*Bursera simaruba*) y además de la poca presencia de las palmas chit (*Thrinax radiata*), y nakas (*Coccothrinax readii*) y la presencia de algunos relictos de chicozapote (*Manilkara zapota*), así mismo los impactos ocasionados en años anteriores por los huracanes se hacen presente en la

vegetación. Así como la presión que ejerce la población circundante de lado de las colonias populares, el cual se refleja en la extracción de madera de diámetros delgados, la extracción de tierra para jardín, la acumulación de basura a la orilla.

Para conocer el estado en que se encuentra la vegetación de selva mediana subperennifolia / vegetación secundaria arbórea de la cuenca 32A (subcuenca "d") y SA, se eligió el área a un predio cercano dentro del macroproyecto autorizado Ciudad Mayakoba (antes "El Ximbal") a la que se le denominó **"unidad de análisis" (UA)**, en ésta se realizó el muestreo correspondiente, tomando como base la metodología aplicada por Reuter, M., C. Schulz y C. Marrufo. 1998. Manual Técnico Forestal, Información Básica, Métodos y Procedimientos. Acuerdo México – Alemania. Basado en sitios circulares (parcelas de 500 m^2). Las coordenadas de los sitios de muestreo se presentan en la Tabla 4. 6.

Tabla 4. 6. Coordenadas de los sitios de muestreo en la unidad de análisis.

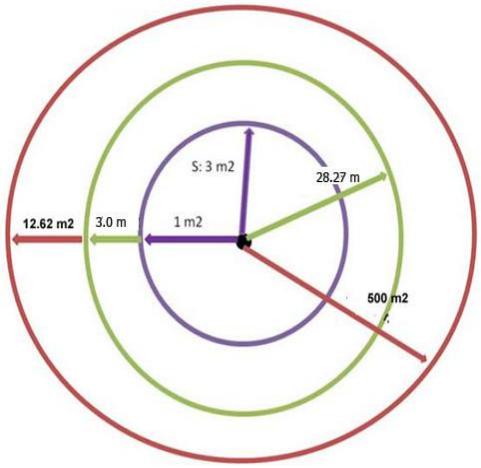
Sitio	X	Y
1	495031	2287547
2	494897	2287634
3	494786	2287715
4	494865	2287813
5	495007	2287720
6	495052	2287810
7	494978	2287868
8	495199	2287819
9	495141	2287858
10	495058	2287913
11	494893	2288021
12	494965	2288095
13	495094	2288012
14	495162	2287961
15	495230	2287910
16	495424	2287982
17	495490	2288019
18	494673	2288161
19	494754	2288206
20	494863	2288338

4.3.2.1.1.1 Metodología

La toma de datos de campo se realizó del 01 al 11 de noviembre de 2024, periodo correspondiente a la época de lluvias asociadas a los frentes fríos en la región y en donde la vegetación en general presenta follaje abundante por lo que no es difícil de identificar las especies. De acuerdo a las características de la asociación vegetal presente en la unidad de análisis, se levantaron 20 sitios circulares de 500 m^2 cada uno distribuidos de la siguiente manera:(Anexo digital 4.1, Datos de campo, sitios de muestreo unidad de análisis).

Para tal fin se utilizó un muestreo sistemático aplicando la técnica de muestreo por sitios circulares concéntricos con diferentes superficies (todos dentro de un mismo círculo) el cual suman una superficie total de 500 m^2, es decir para el arbolado de 10 cm en adelante se utilizó el circulo con un radio de 12.62 m a partir del centro dando una total de 500 m^2, para el arbolado entre 5 y 9.9 cm de diámetro se utilizó un círculo con un radio de 3 m a partir del centro teniendo una superficie de muestreo de 28.27 m^2 y para la regeneración que va desde nivel de suelo hasta los 4.9 cm de diámetro se utilizó un círculo de 1 m a partir del centro teniendo una superficie de muestreo de 3 m^2 (Figura 4. 38).

Figura 4. 38. Diseño de muestreo.



En cada sitio se tomaron los parámetros siguientes:

a) Sitio de 500 m^2: Todos aquellos árboles por especie con diámetro a la altura del pecho (DAP) de 10 cm en adelante.
b) Sitio de 28.27 m^2: Todos aquellos arbustos por especie con diámetro entre 5 y 9.9 cm.
c) Sitio de 3 m^2: Se contabilizaron los individuos por especie con diámetros de 1 hasta 4.9 cm.
d) Se anotó el nombre común de las especies presentes en el levantamiento de datos.
e) El proceso de la información se realizó a través del programa Selva versión 2001 editado por el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias (INIFAP, sureste).

Es importante señalar que, una vez obtenida la información de campo, ésta fue procesada, clasificando el arbolado de acuerdo a su forma biológica o forma de vida, con el objetivo de obtener el listado florístico por estratos, situando así a cada individuo en el listado general según corresponda y de acuerdo a la siguiente clasificación: Estrato arbóreo, estrato arbustivo y estrato herbáceo.

De esta misma forma y con base en la distribución de cada individuo por sitio de muestreo, se elaboró la tabla correspondiente para obtener la frecuencia por sitio, ésta a su vez, sirvió para la obtención del Índice de Valor de Importancia (IVI) mismo que se presenta de forma detallada en el apartado correspondiente.

Justificación de la representatividad del muestreo. (Anexo digital 4.2, representatividad del muestreo unidad de análisis).

De acuerdo con lo especificado en la Norma Oficial Mexicana NOM-SEMARNAT-152-SEMARNAT-2006, en la cual indica que el inventario realizado deberá tener una confiabilidad mínima del 95% y un error de muestreo máximo del 10% a nivel predial, se tienen varios parámetros estadísticos que nos pueden indicar si un muestreo es suficiente para representar a la población bajo estudio.

Para este caso, se considera el tamaño de muestra (*n*), que indica el número de sitios necesarios y el error de muestreo (e%), que se refiere al porcentaje de error ocurrido durante dicho muestreo.

Para el cálculo del **error de muestreo** (E) se utilizó la siguiente formula:

$$E\% = \frac{t(CV)}{\sqrt{n}}$$

Donde:

t = T de Student.

CV = Coeficiente de variación.

n = Muestra realizadas.

E% = Error del muestreo (%).

Aplicando la formula anterior al muestreo del predio, se obtuvo el siguiente resultado:

$$e = \frac{1.7291 * 9.83}{\sqrt{20}} = 3.8\ \%$$

Por lo que, podemos inferir que de acuerdo a los datos obtenidos se tiene un error máximo del **3.8%,** siendo mucho menor a lo requerido en la normatividad vigente, cumpliendo de esta manera, con la misma.

Con respecto al **tamaño de muestra**, se utilizó la siguiente formula

$$n = \frac{t^2 s^2}{E^2}$$

Donde:

n = Tamaño óptimo de muestra.

$t^2_{(n-1)(\alpha/2)}$ *= Valor elevado a cuadrado de t de Student.*

s^2 *= Varianza de la muestra.*

E = Máximo error de muestreo permisible (10%).

Aplicando la formula anterior al muestreo del predio, se obtuvo los siguientes resultados:

Tabla 4.7. Cálculo del tamaño de muestra en la unidad de análisis.

Promedio	Varianza	Desviacion estandar	t de Student	Muestra	Error permitido	Tamaño de muestra
14.71	2.0880	1.4450	1.7291	20	3.8	19.99

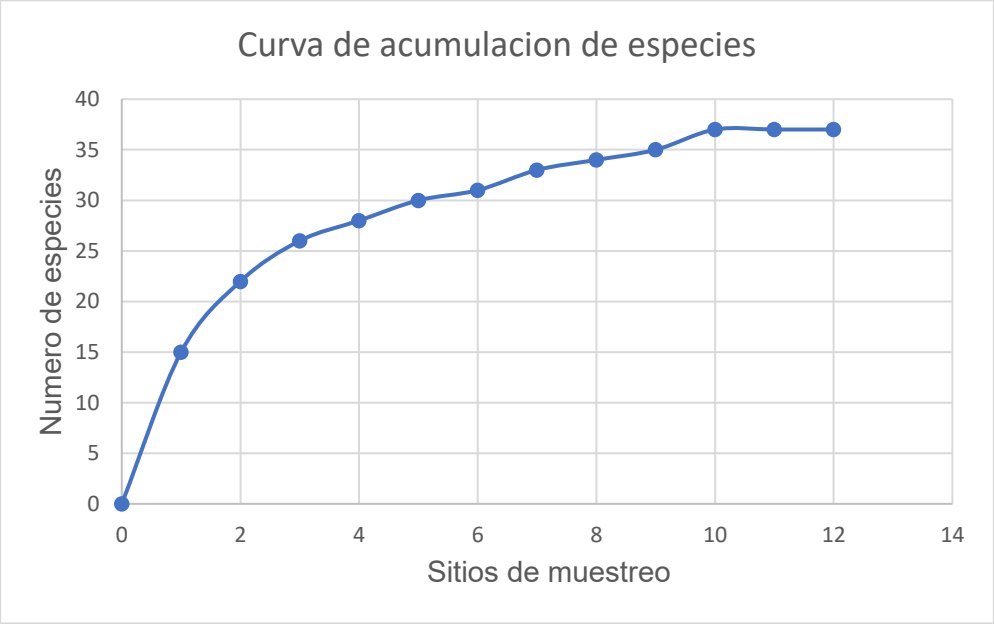
$$n = \frac{1.7291^2 * 9.83^2}{3.8^2} = 19.99 \text{ Sitios}$$

Como podemos observar, aplicando una **confiabilidad del 95%** y un **error permisible del 3.8%,** de acuerdo a la variación del diámetro promedio de los sitios muestreados, y de acuerdo a la fórmula utilizada, **se considera suficiente levantar 19.99 sitios**, para el caso del presente estudio se realizó la misma cantidad requerida, con lo cual, se da cumplimiento a los lineamientos especificados en la NOM-152-SEMARNAT-2006.

Curva de Especie Área para la Vegetación de Selva Mediana Subperennifolia

Ante la carencia de estudios específicos realizados en la zona que señalen el tamaño del área de muestreo que habrá de permitir el mejor entendimiento de la estructura de la selva mediana subperennifolia con vegetación secundaria arbórea, se realizó el análisis del área mínima necesaria. De esta manera, en la siguiente Figura 4.39, se muestra la relación obtenida, en donde se representa la superficie muestreada en total de 20 sitios circulares de 500 m^2 cada uno, con relación al número de especies arbóreas encontradas, observándose el patrón típico en donde se alcanza un máximo de acumulación de especies y al alcanzar la asíntota la curva se mantiene más o menos constante, lo cual indica que se ha encontrado el mayor número de especies que ahí se distribuyen (Anexo 4.1).

Figura 4. 39. Curva de especies área para la vegetación de selva mediana subperennifolia / vegetación secundaria arbórea. Fuente: Elaboración propia.



De acuerdo con lo anterior, es evidente que para el estrato arbóreo de la selva mediana subperennifolia con vegetación secundaria arbórea que se distribuye en la unidad de análisis, se requiere una superficie mínima de muestreo del orden de los 5,000 m² (10 sitios). De acuerdo con los datos anteriores, se considera que los resultados obtenidos a través del presente estudio son válidos y representativos, ya que se ha alcanzado una superficie de muestreo de 10,000 m^2 (20 sitios).

4.3.2.1.1.2 Resultados

En la siguiente tabla, se presenta el listado florístico de las especies registradas en la unidad de análisis.

Tabla 4.8. Lista de especies de flora registradas en unidad de análisis, presentada por estrados.

Estrato arbóreo			
#	**Nombre común**	**Especie**	**Familia**
1	Alamo	*Ficus cotinifolia*	Moraceae
2	Boichic	*Coccoloba spicata*	Polygonaceae
3	Bolchiche	*Coccoloba diversifolia*	Polygonaceae
4	Bojom	*Cordia gerascanthus*	Boraginaceae
5	Canchunup	*Thouinia paucidentata*	Sapindaceae
6	Chaca	*Bursera simaruba*	Burseraceae
7	Chacni	*Calyptranthes pallens*	Myrtaceae
8	Chacte viga	*Caesalpinia violacea*	Fabaceae
9	Chechen negro	*Metopium brownei*	Anacardiaceae
10	Chechen blanco	*Sebastiana adenphora*	Euphorbiaceae
11	Chicozapote	*Manilkara zapota*	Sapotaceae
12	Chintok	*Krugiodendrum ferreum*	*Rhamnaceae*
13	Ciricote	*Cordia dodecandra*	Boraginaceae

Estrato arbóreo			
#	Nombre común	Especie	Familia
14	Caracolillo	*Sideroxylon foetidissimum*	Sapotaceae
15	Cocoite blanco	*Gliricidia maculata*	Fabaceae
16	Elemuy	*Mosanonna depressa*	Annonaceae
17	Ekulub	*Drypetes lateriflora*	Euphorbiaceae
18	Granadillo	*Platymiscium yucatanum*	Fabaceae
19	Guaya	*Melicoccus oliviformis*	Sapindaceae
20	Guayabillo	*Psidium sartorianum*	Myrtaceae
21	Guayancox	*Exothea diphylla*	Sapindaceae
22	Higo	*Ficus maxima*	Moraceae
23	Jabin	*Piscidia piscipula*	Fabaceae
24	Jobillo	*Astronium graveolens*	Anacardiaceae
25	Kanazin	*Lonchocarpus rugosus*	Fabaceae
26	Kaniste	*Pouteria campechiana*	Sapotaceae
27	Katalox	*Swartzia cubensis*	Fabaceae
28	Katzin	*Acacia riparia*	Fabaceae
29	Kitanche	*Caesalpinia gaumeri*	Fabaceae
30	Laurelillo	*Nectandra salicifolia*	*Lauraceae*
31	Negrito	*Simarouba glauca*	*Simaroubaceae*
32	Maculis amarillo	*Handroanthus chrysanthus*	Bignonaceae
33	Naranja che	*Bonellia macrocarpa*	Primulaceae
34	Palo sol	*Blomia cupanioides*	Sapindaceae
35	Perescutz	*Croton glabellus*	Euphorbiaceae
36	Pochote	*Ceiba aesculifolia*	*Bombacaceae*
37	Roble	*Ehretia tinifolia*	Boraginaceae
38	Ruda	*Diphysa carthagenensis*	Rutaceae
39	Sabak che	*Exostema mexicanum*	*Rubiaceae*
40	Sak chacaj	*Dendropanax arboreus*	*Araliaceae*
41	Sak pich	*Senegalia polyphylla*	Fabaceae
42	Shuul blanco	*Lonchocarpus xuul*	Fabaceae
43	Silil	*Diospyros tetrasperma*	Ebenaceae
44	Sipche	*Bunchosia swartziana*	Malpighiaceae
45	Subinche	*Mariosousa dolichostachya*	Fabaceae
46	Tadzi	*Neea psychotrioides*	Nyctaginaceae
47	Tamay	*Casearia laetioides*	Salicaceae
48	Tastab	*Guettarda combsii*	Rubiaceae
49	Tojyub	*Coccoloba acapulcensis*	Polygonaceae
50	Tres marias	*Esenbeckia pentaphylla*	Rutaceae
51	Tzalam	*Lysiloma latisiliquum*	Fabaceae
52	Takinche	*Caesalpinia yucatanensis*	Fabaceae
53	Uchuche	*Diospyros salicifolia*	Ebenaceae
54	Uvasche	*Ottoschulzia pallida*	Metteniusaceae
55	Ya'axnik	*Vitex gaumeri*	Lamiaceae
56	Yaiti	*Gymnanthes lucida*	Euphorbiaceae
57	Zapotillo	*Pouteria reticulata*	Sapotaceae
58	Zapote faisan	*Dipholis salicifolia*	Sapotaceae

Estrato arbustivo			
#	Nombre común	Especie	Familia
1	Akitz	*Cascabela gaumeri*	Apocynaceae
2	Dzidzilche	*Gymnopodium floribundum*	Polygonaceae
3	Eugenia	*Eugenia mayana*	Myrtaceae
4	Guano blanco	*Sabal yapa*	Arecaceae
5	Majagua blanca	*Hampea trilobata*	Malvaceae
6	Pata de vaca	*Bauhinia divaricata*	Fabaceeae
7	Pomolche	*Jatropha gaumeri*	Euphorbiaceae
8	Xpukin	*Callicarpa acuminata*	Lamiaceae
9	Chit	*Thrinax radiata*	Arecaceae
10	Sakitsa	*Neomillspaughia emarginata*	Polygonaceae
11	Nakas	*Coccothrinax readii*	Arecaceae

Estrato herbáceo			
#	Nombre común	Especie	Familia
1	Chilar	*Rivina humilis*	Phytolaccaceae
2	Styzophylum	*Stizophyllum riparium*	Bignoniaceaee
3	Paulinea	*Paullinia pinnata*	Sapindaceae
4	Sac ak	*Bignonia potosina*	Bignoniaceae
5	Tulipan	*Malvaviscus arboreus*	Malvaceae
6	Xiat	*Chamaedorea seifrizii*	Arecaceae
7	Yax ak	*Arrabidaea podopogon*	Bignoniaceae
8	Bejuco de caballo	*Petrea volubilis*	Verbenaceae
9	Xnantus	*Ichnanthus lanceolatus*	Poaceae
10	Serjania	*Serjania yutcatanensis*	Sapindaceae
11	Escleria	Scleria lithrosperma	Cyperaceae
12	Carrisillo	*Lasiacis divaricata*	Paceae
13	Rompe viento	*Euphorbia tithymaloides*	Euphorbiaceae

- **Vegetación con estatus especial**

En la unidad de análisis se identificaron 4 especies enlistadas dentro de la NOM-059-SEMARNAT-2010, siendo estas *Handroanthus chrysanthus, Astronium graveolens*, *Thrinax radiata* y *Coccothrinax readii*, las cuales se encuentran con estatus identificado como de amenazadas (Tabla 4.9).

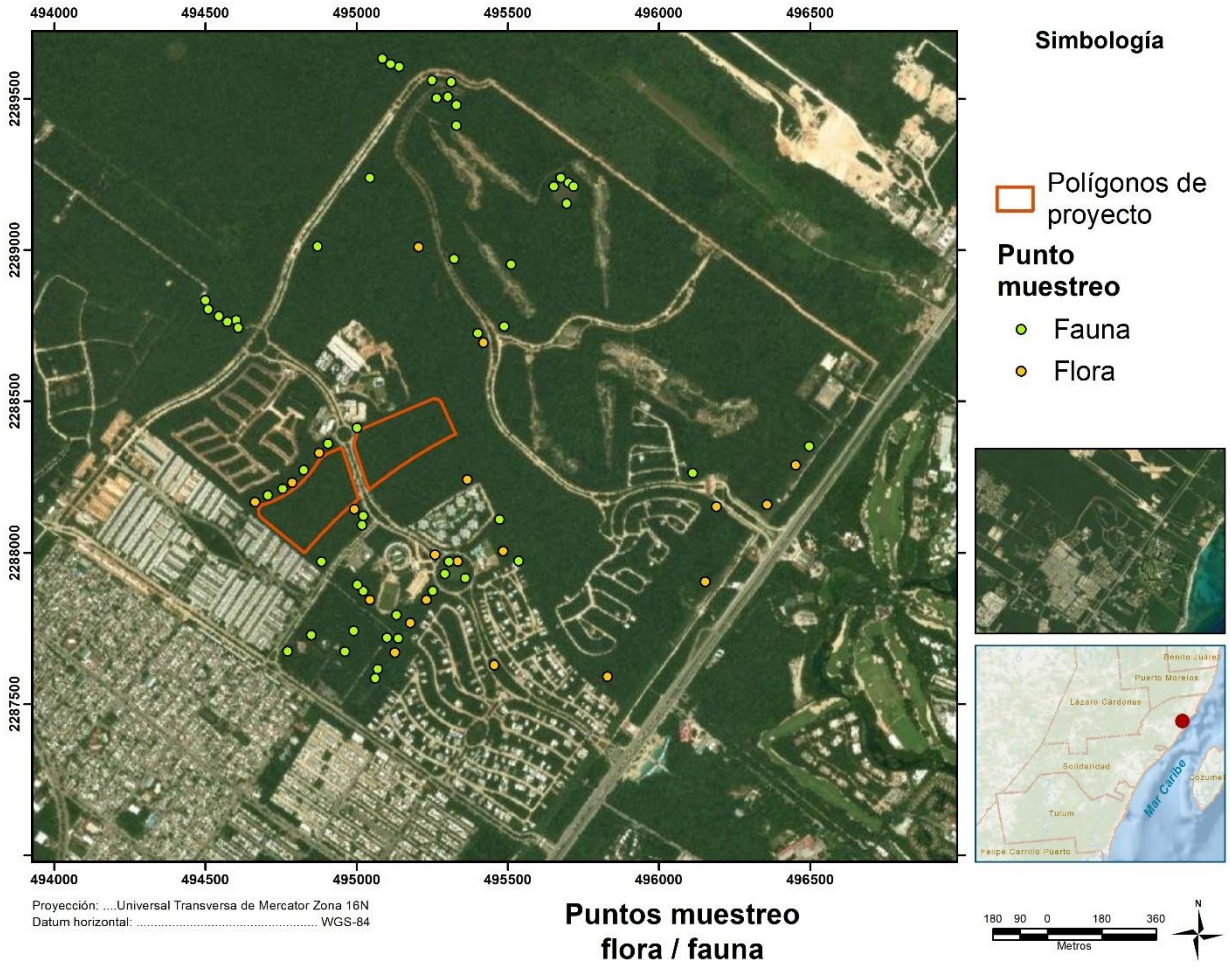
Tabla 4.9. Especies con categoría de riesgo registradas en la unidad de análisis y su estatus de acuerdo a la NOM-059-SEMARNAT -2010. A = amenazada

Nombre científico	Nombre común	Estrato	Categoría de riesgo y distribución de acuerdo a la NOM-059-2010
*Handroanthus chrysanthus**	Maculis Amarillo*	Arbóreo	Amenazada no endémica
Astronium graveolens	Jobillo	Arbóreo	Amenazada no endémica
Thrinax radiata	Palma Chit	Arbustivo	Amenazada no endémica
Coccothrinax readii	Palma Nakas	Arbustivo	Amenazada endémica

* Nota: de acuerdo a las actualizaciones taxonómicas recientes, estas especies han cambiado sus géneros y en otros casos la especie, sin embargo, siguen siendo las mismas clasificadas de acuerdo a la Norma Oficial 059 ya que esta no se ha actualizado.

En la siguiente Figura 4.40 se presenta la distribución de los sitios de muestreo dentro de la unidad de análisis; se integran como Anexo 4.3 la tabla de coordenadas y su representación geoespacial en formato .kml.

Figura 4.40. Distribución de los sitios de muestreo de flora dentro de la unidad de análisis.



- **Densidad absoluta**

Con base en los muestreos realizados, se obtuvo el valor de la abundancia (densidad absoluta) definido como el número de individuos que fueron muestreados por unidad de área, es decir para la unidad de análisis se levantaron 20 sitios de 500 m^2 cada uno por lo que la suma representa 10,000 metros cuadrados y esto equivale a una a 1 hectárea de muestreo. Por ello en la siguiente tabla se muestran los resultados que se obtuvieron para este componente.

Tabla 4. 10. Densidad absoluta (abundancia) de individuos por hectárea para la unidad de análisis (SA), estrato arbóreo.

Estrato arbóreo			
#	Nombre común	Especie	No. de ind/Ha
1	Alamo	*Ficus cotinifolia*	77
2	Boichic	*Coccoloba spicata*	46
3	Bolchiche	*Coccoloba diversifolia*	18

Estrato arbóreo			
#	Nombre común	Especie	No. de ind/Ha
4	Bojom	*Cordia gerascanthus*	6
5	Canchunup	*Thouinia paucidentata*	38
6	Chaca	*Bursera simaruba*	**101**
7	Chacni	*Calyptranthes pallens*	14
8	Chacte viga	*Caesalpinia violacea*	1
9	Chechen negro	*Metopium brownei*	75
10	Chechen blanco	*Sebastiana adenphora*	3
11	Chicozapote	*Manilkara zapota*	5
12	Chintok	*Krugiodendrum ferreum*	4
13	Ciricote	*Cordia dodecandra*	6
14	Caracolillo	*Sideroxylon foetidissimum*	1
15	Cocoite blanco	*Gliricidia maculata*	13
16	Elemuy	*Mosanonna depressa*	9
17	Ekulub	*Drypetes lateriflora*	1
18	Granadillo	*Platymiscium yucatanum*	5
19	Guaya	*Melicoccus oliviformis*	18
20	Guayabillo	*Psidium sartorianum*	9
21	Guayancox	*Exothea diphylla*	6
22	Higo	*Ficus maxima*	8
23	Jabin	*Piscidia piscipula*	29
24	Jobillo	*Astronium graveolens*	5
25	Kanazin	*Lonchocarpus rugosus*	60
26	Kaniste	*Pouteria campechiana*	6
27	Katalox	*Swartzia cubensis*	16
28	Katzin	*Acacia riparia*	4
29	Kitanche	*Caesalpinia gaumeri*	10
30	Laurelillo	*Nectandra salicifolia*	3
31	Negrito	*Simarouba glauca*	1
32	Maculis amarillo	*Handroanthus chrysanthus*	5
33	Naranja che	*Bonellia macrocarpa*	14
34	Palo sol	*Blomia cupanioides*	6
35	Perescutz	*Croton glabellus*	8
36	Pochote	*Ceiba aesculifolia*	1
37	Roble	*Ehretia tinifolia*	6
38	Ruda	*Diphysa carthagenensis*	14
39	Sabak che	*Exostema mexicanum*	1
40	Sak chacaj	*Dendropanax arboreus*	1
41	Sak pich	*Senegalia polyphylla*	3
42	Shuul blanco	*Lonchocarpus xuul*	**128**
43	Silil	*Diospyros tetrasperma*	**105**
44	Sipche	*Bunchosia swartziana*	8
45	Subinche	*Mariosousa dolichostachya*	9
46	Tadzi	*Neea psychotrioides*	53
47	Tamay	*Casearia laetioides*	9
48	Tastab	*Guettarda combsii*	7
49	Tojyub	*Coccoloba acapulcensis*	5
50	Tres marias	*Esenbeckia pentaphylla*	5
51	Tzalam	*Lysiloma latisiliquum*	99
52	Takinche	*Caesalpinia yucatanensis*	7
53	Uchuche	*Diospyros salicifolia*	17
54	Uvasche	*Ottoschulzia pallida*	6
55	Ya'axnik	*Vitex gaumeri*	27

Estrato arbóreo			
#	Nombre común	Especie	No. de ind/Ha
56	Yaiti	*Gymnanthes lucida*	17
57	Zapotillo	*Pouteria reticulata*	2
58	Zapote faisan	*Dipholis salicifolia*	5
Total			**1,166**

De la tabla anterior, puede observarse que hay 19 especies que presentan individuos de 1 hasta 5 por ha y los demás llegan a tener mayor cantidad de individuos por ha. Por otra parte, se confirma que las especies mejor representadas en este ecosistema en términos de densidad son: el shuul blanco (*Lonchocarpus xuul*) con 128 ind/ha, seguidos por el silil (*Diospyros tetrasperma*) con 105 y el chaca (*Bursera simaruba*) con 101 ind/ha. Por lo tanto, son los elementos mejor representados en términos de densidad dentro de esta asociación.

Adicionalmente, la vegetación de selva mediana presenta un estrato arbustivo representado por aquellas especies con un DAP entre 5 y 9.9 cm. En la siguiente Tabla 4.11 se presentan los valores de densidad para el SA (unidad de análisis).

Tabla 4.11. Densidad absoluta (abundancia) de individuos por hectárea para la unidad de análisis (SA), estrato arbustivo.

Estrato Arbustivo			
#	Nombre común	Especie	No. de ind/Ha
1	Akitz	*Cascabela gaumeri*	143
2	Dzidzilche	*Gymnopodium floribundum*	286
3	Eugenia	*Eugenia mayana*	768
4	Guano blanco	*Sabal yapa*	107
5	Majagua blanca	*Hampea trilobata*	107
6	Pata de vaca	*Bauhinia divaricata*	214
7	Pomolche	*Jatropha gaumeri*	143
8	Xpukin	*Callicarpa acuminata*	125
9	Chit	*Thrinax radiata*	125
10	Sakitsa	*Neomillspaughia emarginata*	107
11	Nakas	*Coccothrinax readii*	89
Total			**2,214**

De acuerdo con los valores presentados en la Tabla 4.11, se puede observar que existe una alta participación de los elementos considerados arbustivos, ya que se puede observar en este estrato la presencia de especies mayores de 100 ind/ha que dan un total total de 2,214 ind/ha para la unidad de análisis. De éstos la eugenia (*Eugenia mayana),* el dzidzilche *(Gymnopodium floribundum)* y la pata de vaca *(Bauhinia divaricata)* comparten los más altos valores de densidad con 768, 286 y 214 ind/ha cada uno.

Tabla 4.12. Densidad absoluta (abundancia) de individuos por hectárea para la unidad de análisis (SA), estrato herbáceo.

Estrato Herbáceo			
#	Nombre común	Especie	No. de ind/Ha
1	Chilar	*Rivina humilis*	1333

Estrato Herbáceo			
#	Nombre común	Especie	No. de ind/Ha
2	Styzophylum	*Stizophyllum riparium*	1000
3	Paulinea	*Paullinia pinnata*	1000
4	Sac ak	*Bignonia potosina*	3833
5	Tulipan	*Malvaviscus arboreus*	1333
6	Xiat	*Chamaedorea seifrizii*	1667
7	Yax ak	*Arrabidaea podopogon*	1667
8	Bejuco de caballo	*Petrea volubilis*	667
9	Xnantus	*Ichnanthus lanceolatus*	1333
10	Serjania	*Serjania yutcatanensis*	333
11	Escleria	Scleria lithrosperma	333
12	Carrisillo	*Lasiacis divaricata*	333
13	Rompe viento	*Euphorbia tithymaloides*	333
Total			**15,165**

De acuerdo con los valores presentados en la Tabla 4.12, se puede observar que existe una alta participación de los elementos considerados herbáceos, ya que se puede observar en este estrato la presencia de especies mayores de 300 ind/ha de un total total de 15,165 ind/ha para la unidad de análisis. De éstos el sac ak (Cydista potosina), cuenta con el mayor número de individuos al presentar 3,833 ind/ha seguido por la palma el xiat (Chamaedorea seifrizii) y el el yax ak (Arrabidaea podopogon) con 1667 ind/ha y en tercer lugar el chilar (Rivina humilis), tulipancillo (Malvaviscus arboreus) y xnantus (Ichnanthus lancelatus) con 1,333 ind/ha cada uno.

Análisis de diversidad de la vegetación (anexo digital 4.1, datos de campo, índice de Shannom e IVI)

Análisis de la vegetación del predio de la unidad de análisis contemplando los tres estratos (herbáceo, arbustivo y arbóreo) a través de los índices de diversidad (preferentemente valor de importancia e índice de diversidad de Shannon-Wiener), asimismo se calcula el índice de equitatividad,

La diversidad de un ecosistema depende de dos factores, el número de especies presente y el equilibrio demográfico entre ellas. Entre dos ecosistemas hipotéticos formados por especies demográficamente idénticas (el mismo número de individuos de cada una, algo que nunca aparece en la realidad) consideraríamos más diverso al que presentara un número de especies mayor. Por otra parte, entre dos ecosistemas que tienen el mismo número de especies, consideraremos más diverso al que presenta menos diferencias en el número de individuos de unas y otras especies.

Cómo se mide

La diversidad de las especies se mide basándose en dos ideas: la riqueza de especies y la equidad de las especies. La riqueza de especies se refiere al número total de especies. A veces, los biólogos se interesan únicamente en la riqueza de especies, y la utilizan como medida única de la biodiversidad. La equidad de las especies mide la similitud de abundancia de las especies, en otras palabras, todas las especies son igualmente abundantes, o sus abundancias están sesgadas, es decir, unas pocas muy abundantes, y otras escasas

Para medir la diversidad existen varios índices que se utilizan para poder comparar la biodiversidad entre diferentes ecosistemas o zonas. Para este caso se utilizó el índice de Shannon & Wiener.

- **Índice de Shannon-Weaver**

Índice de Shannon - Weaver es una de las medidas de diversidad relacionadas con la teoría de información. Estas medidas parten del supuesto de que una comunidad (ensamblaje de organismos presentes en un hábitat) es análoga a un sistema termodinámico en la cual existe un número finito de individuos (análogo a cantidad de energía), los cuales pueden ocupar un número -también finito- de categorías (especies, análogo de estados).

La estadística para describir esta situación: un sistema con un número finito de individuos y de categorías (especies); sin restricciones en cuanto al número de especies ni de individuos por categoría (especie), está dada por la Fórmula de Brillouin; equivale a la incertidumbre acerca de la identidad de un elemento tomado al azar de una colección de N elementos distribuidos en sus categorías, sin importar el número de elementos por categoría ni el número de categorías. Dicha incertidumbre aumenta con el número de categorías (riqueza) y disminuye cuando la mayoría de los elementos pertenecen a una misma categoría.

- **Índice de Shannon**

El índice de Shannon, de Shannon-Weaver o de Shannon-Wiener se usa en ecología u otras ciencias similares para medir la biodiversidad específica.[1] Este índice se representa normalmente como H' y se expresa con un número positivo, que en la mayoría de los ecosistemas naturales varía entre 0,5 y 5, aunque su valor normal está entre 2 y 3; valores inferiores a 2 se consideran bajos y superiores a 3 son altos. No tiene límite superior o en todo caso lo da la base del logaritmo que se utilice. Los ecosistemas con mayores valores son los bosques tropicales y arrecifes de coral, y los menores las zonas desérticas. La ventaja de un índice de este tipo es que no es necesario identificar las especies presentes; basta con poder distinguir unas de otras para realizar el recuento de individuos de cada una de ellas y el recuento total.

La fórmula del índice de Shannon es la siguiente:

$$H' = \sum_{i=1}^{S} Pi \log_2 Pi$$

Donde:

- S número de especies (la riqueza de especies).
- Pi proporción de individuos de la especie i respecto al total de individuos (es decir la abundancia relativa de la especie i): n i/ N
- Ni número de individuos de la especie i
- N Número de todos los individuos de todas las especies

Log2 la fórmula utiliza el logaritmo base 2

De esta forma, el índice contempla la cantidad de especies presentes en el área de estudio (*riqueza de especies*), y la cantidad relativa de individuos de cada una de esas especies (*abundancia*)

El concepto de **uniformidad** se deriva fácilmente de las consideraciones teóricas de las fórmulas descritas para *H* y $\hat{H}$.

$$Si\ n1 = n2 = n3 = ni\ldots = n,$$

entonces:

$$N = s\Sigma ni = sN$$
$$Hmax = lns$$

Esto permite cuantificar qué tanto la diversidad estimada ($\hat{H}$) para una situación dada se desvía del máximo teórico (H) -que ocurre cuando todas las especies son igualmente abundantes. Es lo que se denomina equidad o uniformidad (J); en algunos escritos técnicos en castellano se emplea el desafortunado término equitabilidad o peor ecuitabilidad. Esto es, en el mejor de los casos, un anglicismo debido a los malos hábitos del profesor estadounidense Monte Lloyd.

Los Valores de este índice van de 1 a 5, siendo un valor pobre el 1 y máxima diversidad el 5. En general se considera un ecosistema pobre cuando los valores no alcanzan de 3 en adelante. En este caso se ha verificado la metodología correspondiente y se presenta lo siguiente:

- **Índice de Diversidad de Shannon-Wiener y de Equitatividad (J) para cada estrato**

Los cálculos de la prueba de Diversidad de Shannon _Weiner, se realizó mediante el programa computarizado especializado conocido como BioDiversity Pro versión 2.0, escrito por NeilMcAleece y diseñado por PJD Lambshead, GLJ Paterson and, JD Gage, The Natural History Museum & The Scottish Association for Marine Science, Derechos Reservados 1997.

Para los cálculos de la prueba de Diversidad de Shannon-Weiner, se realizó por medio del paquete BioDiversity Pro, así también se calculó el valor de Equitatividad (J). Estos muestreos se llevaron a cabo en tres estratos: herbáceo; arbustivo y arbóreo; en función de la forma biológica de las especies. La superficie del levantamiento de datos para el cálculo de los índices fue de una superficie de 3 m^2, 28 m^2 y 500 m^2 en cada uno de los sitios y los resultados son los siguientes:

Estrato arbóreo selva mediana

Para el estrato arbóreo en la unidad de análisis, los resultados indicaron que éste cuenta con una diversidad alta (4.790), lo que es entendible en virtud de que para este estrato se reportó la mayor cantidad de especies y éstas se encontraron en buen estado de conservación. En cuanto a los datos de “J”, sus valores también fueron considerados altos, con 0.840 (Tabla 4.13).

Tabla 4.13. Resumen de resultados del análisis de diversidad y equitatividad, para el estrato arbóreo.

Index	Resultados
Shannon H' Log Base 2.	4.790
Shannon Hmax Log Base 2.	5.700
Shannon J'	0.840

En la siguiente Tabla 4.14 se presenta el listado florístico reportado para este estrato, así como el registro de individuos por especies.

Tabla 4.14. Lista de especies registradas en el estrato arbóreo, para la unidad de análisis.

#	Estrato arbóreo	Especie	Total/ha
1	Alamo	*Ficus cotinifolia*	77
2	Boichic	*Coccoloba spicata*	46
3	Bolchiche	*Coccoloba diversifolia*	18
4	Bojom	*Cordia gerascanthus*	6
5	Canchunup	*Thouinia paucidentata*	38
6	Chaca	*Bursera simaruba*	101
7	Chacni	*Calyptranthes pallens*	14
8	Chacte viga	*Caesalpinia violacea*	1
9	Chechen negro	*Metopium brownei*	75
10	Chechen blanco	*Sebastiana adenphora*	3
11	Chicozapote	*Manilkara zapota*	5
12	Chintok	*Krugiodendrum ferreum*	4
13	Ciricote	*Cordia dodecandra*	6
14	Caracolillo	*Sideroxylon foetidissimum*	1
15	Cocoite blanco	*Gliricidia maculata*	13
16	Elemuy	*Mosanonna depressa*	9
17	Ekulub	*Drypetes lateriflora*	1
18	Granadillo	*Platymiscium yucatanum*	5
19	Guaya	*Melicoccus oliviformis*	18
20	Guayabillo	*Psidium sartorianum*	9
21	Guayancox	*Exothea diphylla*	6
22	Higo	*Ficus maxima*	8
23	Jabin	*Piscidia piscipula*	29
24	Jobillo	*Astronium graveolens*	5
25	Kanazin	*Lonchocarpus rugosus*	60
26	Kaniste	*Pouteria campechiana*	6
27	Katalox	*Swartzia cubensis*	16
28	Katzin	*Acacia riparia*	4
29	Kitanche	*Caesalpinia gaumeri*	10
30	Laurelillo	*Nectandra salicifolia*	3
31	Negrito	*Simarouba glauca*	1
32	Maculis Amarillo	*Handroanthus chrysanthus*	5
33	Naranja che	*Bonellia macrocarpa*	14
34	Palo sol	*Blomia cupanioides*	6
35	Perescutz	*Croton glabellus*	8
36	Pochote	*Ceiba aesculifolia*	1
37	Roble	*Ehretia tinifolia*	6
38	Ruda	*Diphysa carthagenensis*	14
39	Sabak che	*Exostema mexicanum*	1

#	Estrato arbóreo	Especie	Total/ha
40	Sak chacaj	*Dendropanax arboreus*	1
41	Sak pich	*Senegalia polyphylla*	3
42	Shuul blanco	*Lonchocarpus xuul*	128
43	Silil	*Diospyros tetrasperma*	105
44	Sipche	*Bunchosia swartziana*	8
45	Subinche	*Mariosousa dolichostachya*	9
46	Tadzi	*Neea psychotrioides*	53
47	Tamay	*Casearia laetioides*	9
48	Tastab	*Guettarda combsii*	7
49	Tojyub	*Coccoloba acapulcensis*	5
50	Tres marias	*Esenbeckia pentaphylla*	5
51	Tzalam	*Lysiloma latisiliquum*	99
52	Takinche	*Caesalpinia yucatanensis*	7
53	Uchuche	*Diospyros salicifolia*	17
54	Uvasche	*Ottoschulzia pallida*	6
55	Ya'axnik	*Vitex gaumeri*	27
56	Yaiti	*Gymnanthes lucida*	17
57	Zapotillo	*Pouteria reticulata*	2
58	Zapote faisan	*Dipholis salicifolia*	5
Total			**1,168**

Estrato arbustivo selva mediana

Para el estrato arbustivo en la unidad de análisis, los resultados indicaron que éste cuenta con una diversidad considerada como alta (3.036). Es importante mencionar que en este estrato se registran dos especies de palmas, con escasa presencia, mismas que se encuentran enlistadas en la Norma Oficial Mexicana 059-SEMARNAT-2010. En cuanto a los datos de “J” sus valores también fueron considerados altos (0.878), por lo que las especies tienden a la equitatividad (Tabla 4.15).

Tabla 4.15. Resumen de resultados del análisis de diversidad y equitatividad, para el estrato arbustivo.

Index	Resultados
Shannon H' Log Base 2.	3.036
Shannon Hmax Log Base 2.	3.459
Shannon J'	0.878

En la siguiente Tabla 4.16 se presenta el listado florístico reportado para este estrato, así como el número de registro por especie.

Tabla 4.16. Lista de especies registradas en el estrato arbustivo, para la unidad de análisis.

Número	Nombre común	Nombre científico	Total de individuos por ha
1	Akitz	*Cascabela gaumeri*	143
2	Dzidzilche	*Gymnopodium floribundum*	286
3	Eugenia	*Eugenia mayana*	768
4	Guano blanco	*Sabal yapa*	107
5	Majagua blanca	*Hampea trilobata*	107
6	Pata de vaca	*Bauhinia divaricata*	214
7	Pomolche	*Jatropha gaumeri*	143
8	Xpukin	*Callicarpa acuminata*	125
9	Chit	*Thrinax radiata*	125
10	Sakitsa	*Neomillspaughia emarginata*	107
11	Nakas	*Coccothrinax readii*	89
Total			**2,214**

Estrato herbáceo selva mediana

Para el estrato herbáceo en la unidad de análisis, los resultados indicaron que éste cuenta con una diversidad considerada como baja (3.074). En cuento a los datos de “J” sus valores se consideran altos, ya que el valor obtenido fue de 0.970 (Tabla 4.17).

Tabla 4.17. Resumen de resultados del análisis de diversidad y equitatividad, para el estrato herbáceo.

Index	Resultados
Shannon H' Log Base 2.	3.074
Shannon Hmax Log Base 2.	3.170
Shannon J'	0.970

En la siguiente Tabla 4.18 se presenta el listado florístico reportado para este estrato, así como el número de registro por especie.

Tabla 4.18. Lista de especies registradas en el estrato herbáceo, para la unidad de análisis.

Número	Nombre común	Nombre científico	Total de individuos por ha
1	Chilar	*Rivina humilis*	1333
2	Styzophylum	*Stizophyllum riparium*	1000
3	Paulinia	*Paullinia pinnata*	1000
4	Sac ak	*Cydista potosina*	3833
5	Tulipancillo	*Malvaviscus arboreus*	1333
6	Xiat	*Chamaedorea seifrizii*	1667
7	Yax ak	*Arrabidaea podopogon*	1667
8	Bejuco de caballo	*Petrea volubilis*	667
9	Xnantus	*Ichnanthus lancelatus*	1333
10	Serjania	Serjania yutcatanensis	333
11	Escleria	Scleria lithrosperma	333
12	Carrisillo	Lasiacis divaricata	333
13	Rompe viento	Euphorbia tithymaloides	333
Total			**14,166**

- **Índice de valor de importancia**

El Índice de Valor de Importancia (IVI), 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, desarrollado principalmente para jerarquizar la dominancia de cada especie en rodales mezclados y se calcula de la siguiente manera:

IVI=Dominancia Relativa + Densidad Relativa + Frecuencia Relativa

Específicamente para la unidad de análisis se realizó la aplicación de cada una de las fórmulas de cada uno de los parámetros señalados, aplicados a los tres estratos (herbáceo, arbustivo y arbóreo), los resultados obtenidos se presentan a continuación.

Estrato arbóreo

De acuerdo al IVI, se tiene que en el estrato arbóreo las tres especies que presentaron el valor más alto fueron: El chechem (*Metopium brownei*) con 19.85, seguido por el shuul blanco (*Lonchocarpus xuul*) con el 19.54 y en tercer lugar el chaca (*Bursera simaruba*) con 18.42; es muy común encontrar estas tres especies en estas zonas del estado por lo que son características del lugar. En la siguiente Tabla 4.19 se presentan las estimaciones de dominancia relativa, densidad relativa, frecuencia relativa e IVI, para el estrato arbóreo.

Tabla 4.19. Dominancia relativa, densidad relativa, frecuencia relativa e IVI estimadas para el estrato arbóreo de la unidad de análisis.

Número	Nombre común	Nombre científico	Dominancia relativa	Densidad relativa	Frecuencia relativa	IVI
1	Alamo	*Ficus cotinifolia*	5.5978	6.6038	4.8193	17.0209
2	Boichic	*Coccoloba spicata*	4.6263	3.9451	4.8193	13.3907
3	Bolchiche	*Coccoloba diversifolia*	2.5763	1.5437	3.3133	7.4333
4	Bojom	*Cordia gerascanthus*	0.9253	0.5146	1.5060	2.9459
5	Canchunup	*Thouinia paucidentata*	2.3421	3.2590	3.0120	8.6131
6	Chaca	*Bursera simaruba*	5.2479	8.6621	4.5181	**18.4281**
7	Chacni	*Calyptranthes pallens*	1.1710	1.2007	1.5060	3.8777
8	Chacte viga	*Caesalpinia violacea*	0.1041	0.0858	0.3012	0.4911
9	Chechen negro	*Metopium brownei*	8.3071	6.4322	5.1205	**19.8598**
10	Chechen blanco	*Sebastiana adenphora*	0.8327	0.2573	0.6024	1.6924
11	Chicozapote	*Manilkara zapota*	1.9517	0.4288	0.9036	3.2841
12	Chintok	*Krugiodendrum ferreum*	1.9546	0.3431	1.2048	3.5025
13	Ciricote	*Cordia dodecandra*	1.1566	0.5146	1.2048	2.8760
14	Caracolillo	*Sideroxylon foetidissimum*	0.1041	0.0858	0.3012	0.4911
15	Cocoite blanco	*Gliricidia maculata*	0.9368	1.1149	1.2048	3.2566
16	Elemuy	*Mosanonna depressa*	0.4164	0.7719	1.2048	2.3931
17	Ekulub	*Drypetes lateriflora*	0.0723	0.0858	0.3012	0.4593
18	Granadillo	*Platymiscium yucatanum*	1.2491	0.4288	0.9036	2.5815
19	Guaya	*Melicoccus oliviformis*	1.4052	1.5437	1.8072	4.7562
20	Guayabillo	*Psidium sartorianum*	0.7084	0.7719	1.5060	2.9863
21	Guayancox	*Exothea diphylla*	3.4003	0.5146	1.8072	5.7221

Número	Nombre común	Nombre científico	Dominancia relativa	Densidad relativa	Frecuencia relativa	IVI
22	Higo	*Ficus maxima*	1.0496	0.6861	0.9036	2.6393
23	Jabin	*Piscidia piscipula*	4.9964	2.4871	3.6145	11.0980
24	Jobillo	*Astronium graveolens*	1.0496	0.4288	0.9036	2.3820
25	Kanazin	*Lonchocarpus rugosus*	3.1806	5.1458	3.3133	11.6396
26	Kaniste	*Pouteria campechiana*	1.7493	0.5146	1.5060	3.7699
27	Katalox	*Swartzia cubensis*	1.7349	1.3722	1.8072	4.9143
28	Katzin	*Acacia riparia*	0.4164	0.3431	0.3012	1.0606
29	Kitanche	*Caesalpinia gaumeri*	1.7349	0.8576	1.8072	4.3997
30	Laurelillo	*Nectandra salicifolia*	0.8327	0.2573	0.6024	1.6924
31	Negrito	*Simarouba glauca*	0.3499	0.0858	0.3012	0.7368
32	Maculis amarillo	*Handroanthus chrysanthus*	0.2082	0.4288	0.6024	1.2394
33	Naranja che	*Bonellia macrocarpa*	1.1710	1.2007	1.5060	3.8777
34	Palo sol	*Blomia cupanioides*	0.7026	0.5146	0.9036	2.1208
35	Perescutz	*Croton glabellus*	0.8501	0.6861	1.8072	3.3434
36	Pochote	*Ceiba aesculifolia*	0.6506	0.0858	0.3012	**1.0375**
37	Roble	*Ehretia tinifolia*	1.4052	0.5146	1.8072	3.7270
38	Ruda	*Diphysa carthagenensis*	1.1710	1.2007	1.5060	3.8777
39	Sabak che	*Exostema mexicanum*	0.2891	0.0858	0.3012	0.6761
40	Sak chacaj	*Dendropanax arboreus*	0.2891	0.0858	0.3012	0.6761
41	Sak pich	*Senegalia polyphylla*	1.0496	0.2573	0.9036	2.2105
42	Shuul blanco	*Lonchocarpus xuul*	3.7473	10.9777	4.8193	**19.5443**
43	Silil	*Diospyros tetrasperma*	3.5131	9.0051	4.5181	17.0363
44	Sipche	*Bunchosia swartziana*	0.9253	0.6861	1.5060	3.1174
45	Subinche	*Mariosousa dolichostachya*	1.1566	0.7719	1.2048	3.1333
46	Tadzi	*Neea psychotrioides*	3.5131	4.5455	4.5181	12.5766
47	Tamay	*Casearia laetioides*	1.4052	0.7719	1.8072	3.9843
48	Tastab	*Guettarda combsii*	1.1710	0.6003	1.5060	3.2774
49	Tojyub	*Coccoloba acapulcensis*	0.7402	0.4288	1.2048	2.3738
50	Tres marias	*Esenbeckia pentaphylla*	0.2834	0.4288	0.6024	1.3146
51	Tzalam	*Lysiloma latisiliquum*	5.4128	8.4906	3.9157	17.8190
52	Takinche	*Caesalpinia yucatanensis*	0.1041	0.6003	0.3012	1.0056
53	Uchuche	*Diospyros salicifolia*	0.1041	1.4580	0.3012	1.8633
54	Uvasche	*Ottoschulzia pallida*	0.7402	0.5146	1.2048	2.4596
55	Ya'axnik	*Vitex gaumeri*	4.1637	2.3156	3.0120	9.4913
56	Yaiti	*Gymnanthes lucida*	0.4250	1.4580	0.9036	2.7866
57	Zapotillo	*Pouteria reticulata*	0.1851	0.1715	0.3012	0.6578
58	Zapote faisan	*Dipholis salicifolia*	2.4433	0.4288	1.5060	4.3781
Total			**100**	**100**	**100**	**300**

Estrato arbustivo

Para este estrato las tres especies que registraron el IVI más alto fueron: La eugenia (*Eugenia mayana*) con 63.66, seguida por el dzidzilche (*Gymnopodium floribundum*) con 40.80 y el guano blanco (*Sabal yapa*) con 37.46, estas especies son consideradas comunes, por lo que se encuentran muy bien representadas en este estrato, de igual manera no tienen ningún problema de adaptación en este tipo de terrenos. En la siguiente Tabla 4.20 se presentan las estimaciones de dominancia relativa, densidad relativa, frecuencia relativa e IVI, para el estrato arbustivo.

Tabla 4.20. Dominancia relativa, densidad relativa, frecuencia relativa e IVI estimadas para el estrato arbustivo de la unidad de análisis.

Número	Nombre común	Nombre científico	Dominancia relativa	Densidad relativa	Frecuencia relativa	IVI
1	Akitz	*Cascabela gaumeri*	20.2456	6.4589	8.8889	35.5934
2	Dzidzilche	*Gymnopodium floribundum*	14.5553	12.9178	13.3333	**40.8064**
3	Eugenia	*Eugenia mayana*	13.4172	34.6883	15.5556	**63.6611**
4	Guano blanco	*Sabal yapa*	25.9659	4.8329	6.6667	**37.4654**
5	Majagua blanca	*Hampea trilobata*	4.3127	4.8329	8.8889	18.0344
6	Pata de vaca	*Bauhinia divaricata*	4.3127	9.6658	8.8889	22.8673
7	Pomolche	*Jatropha gaumeri*	4.4025	6.4589	6.6667	17.5281
8	Xpukin	*Callicarpa acuminata*	2.9949	5.6459	8.8889	17.5297
9	Chit	*Thrinax radiata*	4.3127	5.6459	8.8889	18.8474
10	Sakitsa	*Neomillspaughia emarginata*	3.2345	4.8329	6.6667	14.7340
11	Nakas	*Coccothrinax readii*	2.2462	4.0199	6.6667	12.9327
Total			**100**	**100**	**100**	**300**

Estrato herbáceo

De acuerdo a IVI, se tiene que en el estrato herbáceo las tres especies que presentaron el valor más alto fueron: El bejuco sac ak (*Cyndista potosina*) con 67.26, seguido por el yax ak (*Arrabidea podogon*) con el 54.19 y el chilar (*Rivina humilis*) con 41.24; es común encontrar a las especies previamente mencionadas en estas zonas del estado, por lo que son consideradas características. En la siguiente Tabla 4.21 se presentan las estimaciones de dominancia relativa, densidad relativa, frecuencia relativa e IVI, para el estrato herbáceo.

Tabla 4.21. Dominancia relativa, densidad relativa, frecuencia relativa e IVI estimadas para el estrato herbáceo de la unidad de análisis.

Número	Nombre común	Nombre científico	Dominancia relativa	Densidad relativa	Frecuencia relativa	IVI
1	Chilar	*Rivina humilis*	21.9298	9.6364	9.6774	**41.2436**
2	Styzophylum	*Stizophyllum riparium*	3.5088	7.2291	9.6774	20.4153
3	Paulinea	*Paullinia pinnata*	9.3567	7.2291	6.4516	23.0374
4	Sac ak	*Bignonia potosina*	10.5263	27.7091	29.0323	**67.2677**
5	Tulipan	*Malvaviscus arboreus*	14.6199	9.6364	6.4516	30.7079
6	Xiat	*Chamaedorea seifrizii*	3.5088	12.0509	9.6774	25.2371
7	Yax ak	*Arrabidaea podopogon*	29.2398	12.0509	12.9032	**54.1939**
8	Bejuco de caballo	*Petrea volubilis*	2.6316	4.8218	3.2258	10.6792
9	Xnantus	*Ichnanthus lanceolatus*	4.6784	9.6364	12.9032	27.2180
10	Serjania	*Serjania yutcatanensis*	2.3392	2.4073	6.4516	11.1981
11	Escleria	Scleria lithrosperma	2.3392	2.4073	6.4516	11.1981
12	Carrisillo	*Lasiacis divaricata*	2.3392	2.4073	6.4516	11.1981
13	Rompe viento	*Euphorbia tithymaloides*	2.3392	2.4073	6.4516	11.1981
Total			**100**	**100**	**100**	**300**

4.3.2.1.2. Caracterización Ambiental de la Vegetación en el Proyecto

Durante los recorridos realizados a lo largo de la carretera federal No. 307 tramo Playa del Carmen – Puerto Morelos, pasando por los grandes desarrollos turísticos a ambos lados de la carretera federal se observa que la vegetación natural ha sido transformada acorde a las necesidades de requerimiento y servicios que demanda la zona turística y el incremento de la población, es por esta razón que la vegetación original de selva que reportan los distintos autores para el tramo, se ha venido reemplazando por diferentes asociaciones vegetales a causa de las diferentes acciones como es el desmonte de áreas para el establecimiento de nuevos proyectos y el efecto de orilla principalmente.

Tal es el caso del área en donde se pretende ubicar el Proyecto, pues de acuerdo a la cartografía de uso del suelo y vegetación de la serie VI, INEGI 2017 y las observaciones realizadas, **el tipo de vegetación que cubre el 100% del Proyecto corresponde a una sucesión secundaria arbórea derivada de la selva mediana subperennifolia (es decir selva mediana subperennifolia / vegetación secundaria arbóre**a) y que a través de los años fue seriamente modificada por diferentes actividades, como la agropecuaria, actividad que fue abandonada hace muchos años, por lo que desde entonces ha prosperado una asociación selvática. No obstante, esta misma ha sido objeto de modificaciones de carácter natural debido a los efectos de los distintos fenómenos atmosféricos de tipo extraordinario que se han manifestado en la región (Beulah, 1967, Gilberto, 1988, Wilma 2005, entre otros). De esta manera, se considera que este ecosistema en sí corresponde a una fase o etapa sucesional avanzada de recuperación de una vegetación con mayor altura y con elementos de tipo corpulento que se observan de forma aislada como es el caso del chicozapote (*Manilkara zapota*).

A diferencia de los parámetros de altura que se manifiestan en la serie VI, INEGI 2017, la vegetación registrada en el Proyecto se ha definido como selva mediana debido a que tiene una dominancia de elementos que alcanzan entre 8 y los 10 m, de altura y posiblemente existen árboles un poco más altos que sobresalen del dosel, así mismo se ha aplicado el término subperennifolia debido a que entre el 25 al 50% de las especies tiran sus hojas durante la temporada seca del año (Pennington y Sarukhán 1968).

Actualmente se observa a esta zona como una selva mediana con vegetación secundaria arbórea con alturas de 8 a 10 m y posiblemente algunos individuos más altos y diámetros entre 5 y 35 cm. donde los elementos componentes principales son las leguminosas como el tzalam (*Lysiloma latisiliquum*), jabin (*Piscidia piscipula*) y kanasin (*Lonchocarpus rugosus*), entre otros, así también el chacá (*Bursera simaruba*), ficus (*Ficus cotinifolia*), chechem (*Metopium brownei*), además de registrase poca presencia de las palmas chit (*Thrinax radiata*) y nakas (*Coccothrinax readii*), especies enlistadas en algún estatus de protección por la NOM-059-SEMARNAT-2010; así como la presencia de algunos relictos de chicozapote (*Manilkara zapota*).

Así mismo los impactos ocasionados en años anteriores por los huracanes, se hacen presentes en la vegetación, es por ello que se pueden observar árboles caídos, muertos en pie y en mucho de los casos descopados.

Esta asociación vegetal en el Proyecto se constituye como una comunidad de tipo arbóreo-arbustiva, la altura en general varía entre los 8 y 10 m **con buen grado de conservación**. En general, presenta una estructura semiabierta en donde la gran mayoría de los elementos arbóreos que la integran se ubican dentro de las categorías de 5 a 35 cm de DAP y con árboles mucho más corpulentos, pero de tipo aislado, como es el caso del chicozapote entre otros. De acuerdo al listado florístico presentado por estratos, esta asociación se caracteriza por la presencia de al

menos 50 especies distribuidas en 22 familias sobresaliendo las especies perennifolias como la guaya (*Melicoccus oliviformis*), el chicozapote (*Manilkara zapota*), entre otros. Además de aquellos elementos caducifolios como son el chaca (*Bursera simaruba*), el jabin (*Piscidia piscipula*), a´axnic (*Vitex gaumeri*), entre otros.

Esta asociación presenta un estrato medio-alto (arbóreo) de entre 5 a 10 m de altura en donde se observan individuos de las especies de, chechem (*Metopium brownei)*, chaca (*Bursera simaruba*), jabin *(Piscidia piscipula)* entre otros, así también el álamo (*Ficus cotinifolia*) que generalmente se presenta con dos o tres individuos por surco. La estructura horizontal se complementa con un estrato arbustivo entre 3.1 a 4.9 m, con presencia de especies como, dzidzilche (*Gymnopodium floribundum*), pata de vaca *(Bauhinia divaricata*), flor de amyo (*Plumeria rubra*), las palmas chit (*Thrinax radiata)* y nakas (*Coccothrinax readii*) y pomolche (*Jatropha gaumeri*), entre otros, finalmente se tiene el estrato herbáceo-arbustivo que va de nivel del suelo hasta los 2.9 m compuesto por la regeneración de los adultos presente además de la presencia del tulipan (*Malvabiscus arboreus*), el chilar (*Rivina humilis*), la cicotria *(Cicotria nervosa*), *y* la presencia de bejucos como la serjania (*Serjania yucatanensis*), el sac ak (*Cydista potosina*) y el yax ak (*Arrabidea podopogon*) y los pastos como la escleria (*Scleria lithrosperma*) e xnantus *(Ichnanthus lanceolatus*) entre otros.

Una característica adicional de esta vegetación es la poca presencia de las palmas chit (*Thrinax radiata*) y nakas (*Coccothrinax readii*) especies consideradas por la NOM-059-SEMARNAT-2010.

En relación a las epifitas, es importante mencionar para el Proyecto en específico, durante los recorridos para la toma de datos de vegetación no se observó la presencia de orquídeas y/o bromelias, por lo que se entiende que esta zona no reúne las condiciones necesarias para su establecimiento.

Los factores físicos que condicionan la distribución de esta asociación corresponden a la presencia de suelos ligeramente evolucionados, rocosos, así como presencia de materia orgánica en descomposición. El suelo en el área es de tipo tzekel (Litosol-Rendzinas), con afloramiento de roca, por lo que presenta muy fácil drenaje aún durante la época lluviosa del año.

A pesar de las consideraciones antes referidas, debe mencionarse, que este tipo de vegetación de acuerdo a la normatividad vigente sigue siendo una asociación forestal con grado de selva (vegetación secundaria arbórea) por lo que el Proyecto mantendrá como área de conservación al menos el 25% de su superficie con vegetación natural.

Principales causas de deterioro de la vegetación y del suelo, así como grados de erosión presente

Se puede mencionar que la principal causa del deterioro de la vegetación en el área del Proyecto ha sido ocasionada por la constante afectación derivada de los huracanes, ya que esta zona se encuentra expuesta a la manifestación de intemperismos severos (tormentas y huracanes). En el caso de los huracanes se tiene el registro del huracán Gilberto incidió sobre las costas de Quintana Roo en septiembre de 1988 con categoría 5 por lo cual se le consideró el huracán de mayor intensidad que había impactado esta zona y que cambió drásticamente la vegetación.

Por otra parte se menciona que aun con todo el deterioro que sufre la vegetación en la zona por el paso de estos fenómenos, esta se encuentra en franco proceso de recuperación considerándose como en grado medio de conservación, por lo que el suelo no se queda sin cubierta vegetal ya que los árboles de la selva son corpulentos y sus frondosas copas se extienden

como un techo alto bajo el cual crecen árboles más pequeños y arbustos, ello amortigua directamente la caída del agua de lluvia que finalmente baja por sus tallos y hojas evitando así formar escurrimiento de gran tamaño que contribuyan a un grado fuerte de erosión, es por esta razón que se considera sin degradación aparente, además de que el relieve de la zona del Proyecto, es una superficie prácticamente plana y de acuerdo al INEGI (Estudios Hidrológicos de Quintana Roo, 2002), con una ligera pendiente del 0.5%, considerándola como poco significativa.

Es importante mencionar que para conocer el estado en que se encuentra la vegetación de selva mediana subperennifolia / vegetación secundaria arbórea presente en el Proyecto, se realizó el muestreo correspondiente, tomando como base la metodología aplicada por Reuter, M., C. Schulz y C. Marrufo. 1998. Manual Técnico Forestal, Información Básica, Métodos y Procedimientos. Acuerdo México – Alemania. Basado en sitios circulares (parcelas de 500 m^2). Las coordenadas de los sitios de muestreo se presentan en la Tabla 4.22.

Tabla 4.22. Coordenadas de los sitios de muestreo en el Proyecto.

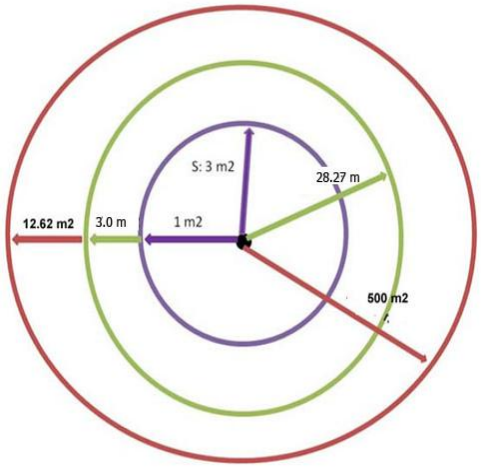
Faja	Sitio	Coordenadas UTM	
		X	Y
1	1	495033	2288285
	2	495083	2288306
	3	495124	2288346
	4	495171	2288359
	5	495202	2288398
	6	495249	2288424
2	1	494964	2288259
	2	4949951	2288219
	3	494857	2288183
	4	494825	2288134
	5	494783	2288114
	6	494750	2288070

4.3.2.1.2.1 Metodología

La toma de datos de campo se realizó del 13 al 15 de agosto de 2025, periodo correspondiente a la época de lluvias asociadas a los frentes fríos en la región y en donde la vegetación en general presenta follaje abundante por lo que no es difícil de identificar las especies. De acuerdo a las características de la asociación vegetal presente en el Proyecto, se levantaron 12 sitios circulares de 500 m^2 cada uno distribuidos en 2 líneas de muestreo (**Anexo digital 4.3, datos del predio del proyecto sitios de muestreo**).

Para tal fin se utilizó un muestreo sistemático aplicando la técnica de muestreo por sitios circulares concéntricos con diferentes superficies (todos dentro de un mismo círculo) el cual suman una superficie total de 500 m^2, es decir para el arbolado de 10 cm en adelante se utilizó el circulo con un radio de 12.62 m a partir del centro dando una total de 500 m^2, para el arbolado entre 5 y 9.9 cm de diámetro se utilizó un círculo con un radio de 3 m a partir del centro teniendo una superficie de muestreo de 28.27 m^2 y para la regeneración que va desde nivel de suelo hasta los 4.9 cm de diámetro se utilizó un círculo de 1 m a partir del centro teniendo una superficie de muestreo de 3 m^2 (Figura 4. 41).

Figura 4. 41. Diseño de muestreo.



En cada sitio se tomaron los parámetros siguientes:

a) Sitio de 500 m^2: Todos aquellos árboles por especie con diámetro a la altura del pecho (DAP) de 10 cm en adelante.
b) Sitio de 28.27 m^2: Todos aquellos arbustos por especie con diámetro entre 5 y 9.9 cm.
c) Sitio de 3 m^2: Se contabilizaron los individuos por especie con diámetros de 1 hasta 4.9 cm.
d) Se anotó el nombre común de las especies presentes en el levantamiento de datos.
e) El proceso de la información se realizó a través del programa Selva versión 2001 editado por el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias (INIFAP, sureste).

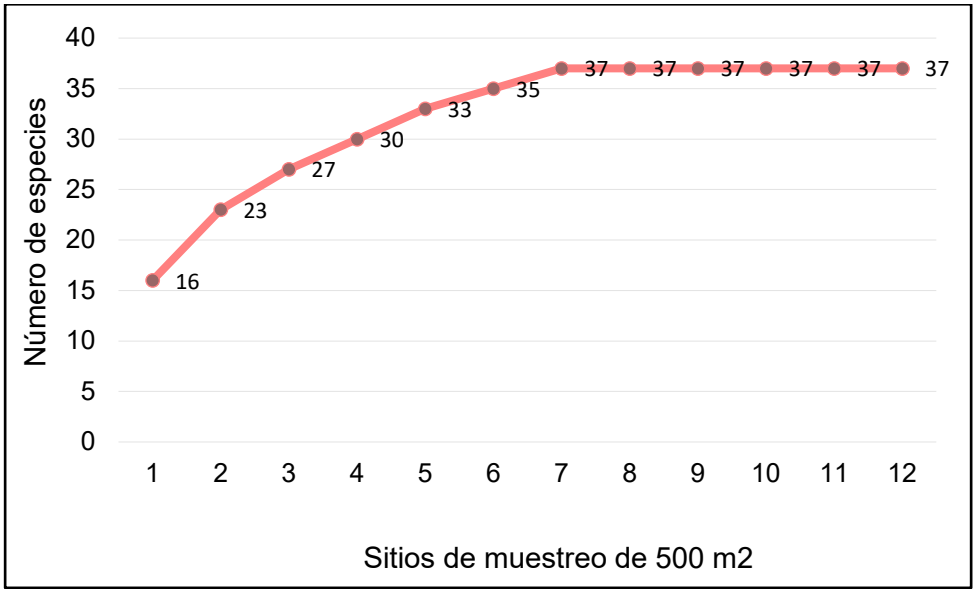
Es importante señalar que, una vez obtenida la información de campo, ésta fue procesada, clasificando el arbolado de acuerdo a su forma biológica o forma de vida, con el objetivo de obtener el listado florístico por estratos, situando así a cada individuo en el listado general según corresponda y de acuerdo a la siguiente clasificación: Estrato arbóreo, estrato arbustivo y estrato herbáceo.

De esta misma forma y con base en la distribución de cada individuo por sitio de muestreo, se elaboró la tabla correspondiente para obtener la frecuencia por sitio, ésta a su vez, sirvió para la obtención del Índice de Valor de Importancia (IVI) mismo que se presenta de forma detallada en el apartado correspondiente.

Curva de Especie Área para la Vegetación de Selva Mediana Subperennifolia

Ante la carencia de estudios específicos realizados en la zona que señalen el tamaño del área de muestreo que habrá de permitir el mejor entendimiento de la estructura de la selva mediana subperennifolia con vegetación secundaria arbórea, se realizó el análisis del área mínima necesaria. De esta manera, en la siguiente Figura 4.42, se muestra la relación obtenida, en donde se representa la superficie muestreada en total de 12 sitios circulares de 500 m^2 cada uno, con relación al número de especies arbóreas encontradas, observándose el patrón típico en donde se alcanza un máximo de acumulación de especies y al alcanzar la asíntota la curva se mantiene más o menos constante, lo cual indica que se ha encontrado el mayor número de especies que ahí se distribuyen (Anexo 4.5).

Figura 4.42. Curva de especies área para la vegetación de selva mediana subperennifolia / vegetación secundaria arbórea. Fuente: Elaboración propia.



De acuerdo a la figura anterior, se puede observar claramente que la asíntota se logra con el muestreo número 10 de los 12 realizados y que se obtuvieron 37 especies en el sitio de trabajo y que no es necesario realizar más esfuerzo ya que se invertiría más tiempo y dinero de lo necesario, por lo que se demuestra con las dos metodologías que los datos obtenidos son confiables (anexo digital 4.5 y 4.6).

Justificación de la representatividad del muestreo

De acuerdo con lo especificado en la Norma Oficial Mexicana NOM-SEMARNAT-152-SEMARNAT-2006, la cual indica que el inventario realizado deberá tener una confiabilidad mínima del 95% y un error de muestreo máximo del 10% a nivel predial, se tienen varios parámetros estadísticos que nos pueden indicar si un muestreo es suficiente para representar a la población bajo estudio.

Para este caso, se considera el tamaño de muestra (n), que indica el número de sitios necesarios y el error de muestreo (e%), que se refiere al porcentaje de error ocurrido durante dicho muestreo.

Para el cálculo del **error de muestreo** (E) se utilizó la siguiente formula:

$$E\% = \frac{t(CV)}{\sqrt{n}}$$

Donde:
t = T de Student.
CV = Coeficiente de variación.
n = Muestra realizadas.
E% = Error del muestreo (%).

Aplicando la formula anterior al muestreo del predio, se obtuvo el siguiente resultado:

$$e = \frac{1.7291 * 11.60}{\sqrt{12}} = 5.79\ \%$$

Por lo que, podemos inferir que de acuerdo a los datos obtenidos se tiene un error máximo del 5.79**%,** siendo mucho menor a lo requerido en la normatividad vigente, cumpliendo de esta manera, con la misma.

Con respecto al **tamaño de muestra**, se utilizó la siguiente formula:

$$\mathrm{n} = \frac{t^2 s^2}{E^2}$$

Donde:

n = Tamaño óptimo de muestra.
$t^2_{(n-1)(\alpha/2)}$ = Valor elevado a cuadrado de t de Student.
s^2 = Varianza de la muestra.
E = Máximo error de muestreo permisible (10%).

Aplicando la formula anterior al muestreo del Proyecto, se obtuvieron los siguientes resultados:

Promedio	Varianza	Desviacion estandar	t de Student	Muestra	Error permitido	Tamaño de muestra
16.41	3.63	1.90	1.7291	12	5.79	12

$$n = \frac{1.7291^2 * 11.60^2}{5.79^2} = 12\ sitios$$

Como podemos observar, aplicando una confiabilidad del 95% y un error permisible del 5.79%, de acuerdo a la variación del diámetro promedio de los sitios muestreados, y de acuerdo a la fórmula utilizada, se considera suficiente levantar 12 sitios, para el caso del presente estudio, se realizó la misma cantidad requerida (12 sitios), con lo cual, se da cumplimiento a los lineamientos especificados en la NOM-152-SEMARNAT-2006.

4.3.2.1.2.2 Resultados

En la siguiente Tabla 4.23, se presenta el listado florístico de las especies registradas en el Proyecto.

Tabla 4.23. Lista de especies de flora registradas en el Proyecto, presentada por estrados.

Número	Nombre común	Nombre científico	Familia
Estrato arbóreo			
1	Alamo	*Ficus cotinifolia*	Moraceae
2	Bojom	*Cordia gerascanthus*	Boraginaceae
3	Boob (Boichic)	*Coccoloba spicata*	Polygonaceae
4	Chaca	*Bursera simaruba*	Burseraceae

Número	Nombre común	Nombre científico	Familia
5	Chacni	*Calyptranthes pallens*	Myrtaceae
6	Chechem negro	*Metopium brownei*	Anacardiaceae
7	Cocoite blanco	*Gliricidia sepium*	Fabaceae
8	Ekulub	*Drypetes lateriflora*	Euphorbiaceae
9	Granadillo	*Platymiscium yucatanum*	Fabaceae
10	Guaya	*Melicoccus oliviformis*	Sapindaceae
11	Higo	*Ficus maxima*	Moraceae
12	Jabin	*Piscidia piscipula*	Fabaceae
13	K´aatal oox	*Swartzia cubensis*	Fabaceae
14	K´anchunup	*Thouinia paucidentata*	Sapindaceae
15	K'anasín	*Lonchocarpus rugosus*	Fabaceae
16	Kitam che´	*Caesalpinia gaumeri*	Fabaceae
17	Laurelillo	*Nectandra salicifolia*	Lauraceae
18	Pochote	*Ceiba aesculifolia*	Bombacaceae
19	Roble	*Ehretia tinifolia*	Boraginaceae
20	Ruda	*Diphysa carthagenensis*	Rutaceae
21	Silil	*Diospyros tetrasperma*	Ebenaceae
22	Sip che	*Bunchosia swartziana*	Malpighiaceae
23	Siricote	*Cordia dodecandra*	Boraginaceae
24	Subinche	*Mariosousa dolichostachya*	Fabaceae
25	Ta´tsi´	*Neea psychotrioides*	Nyctaginaceae
26	Taastaab	*Guettarda combsii*	Rubiaceae
27	Toj yuub	*Coccoloba acapulcensis*	Polygonaceae
28	Tzalam	*Lysiloma latisiliquum*	Fabaceae
29	Uchuche	*Diospyros salicifolia*	Ebenaceae
30	Uvas che´	*Ottoschulzia pallida*	Metteniusaceae
31	Uvilla (Bolchiche)	*Coccoloba diversifolia*	Polygonaceae
32	Xuul	*Lonchocarpus xuul*	Fabaceae
33	Ya'axnik	*Vitex gaumeri*	Lamiaceae
34	Yaiti	*Gymnanthes lucida*	Euphorbiaceae
35	Zapotillo	*Pouteria reticulata*	Sapotaceae
Estrato arbustivo			
1	Akitz	Cascabela gaumeri	Apocynaceae
2	Dzidzilche	Gymnopodium floribundum	Polygonaceae
3	Pata de vaca	Bauhinia divaricata	Fabaceae
4	Majagua blanca	Hampea trilobata	Malvaceae
5	Chit	Thrinax radiata	Arecaceae
6	Nakas	Coccothrinax readii	Arecaceae
7	Guano	Sabal yapa	Arecaceae
Estrato herbáceo			
1	Sac ak	Bignonia potosina	Bignoniaceae
2	chilar	Rivina humilis	Phytolaccaceae
3	Xnantus	Ichnanthus lanceolatus	Poaceae
4	Yax ak	Arrabidaea podopogon	Bignoniaceaee
5	Xiat	Chamaedorea seifrizii	Arecaceae
6	Paulinia	Paullinia pinnata	Sapindaceae

- **Vegetación con estatus especial**

En el Proyecto se identificaron 2 especies enlistadas dentro de la NOM-059-SEMARNAT-2010, siendo estas *Thrinax radiata* y *Coccothrinax readii*, las cuales se encuentran con un estatus identificado como de amenazadas (Tabla 4.24).

Tabla 4.24. Especies con categoría de riesgo registradas en el Proyecto y su estatus de acuerdo a la NOM-059-SEMARNAT -2010. A = Amenazada.

Nombre científico	Nombre común	Estrato	NOM-059-SEMARNAT-2010
Thrinax radiata	Palma chit	Arbustivo	A No endémica
Coccothrinax readii	Palma nakas	Arbustivo	A Endémica

En la siguiente Tabla 4.35 y Tabla 4.36 se presenta la distribución de los sitios de muestreo dentro del Proyecto.

Figura 4. 43. Distribución de los sitios de muestreo de flora dentro del Proyecto.

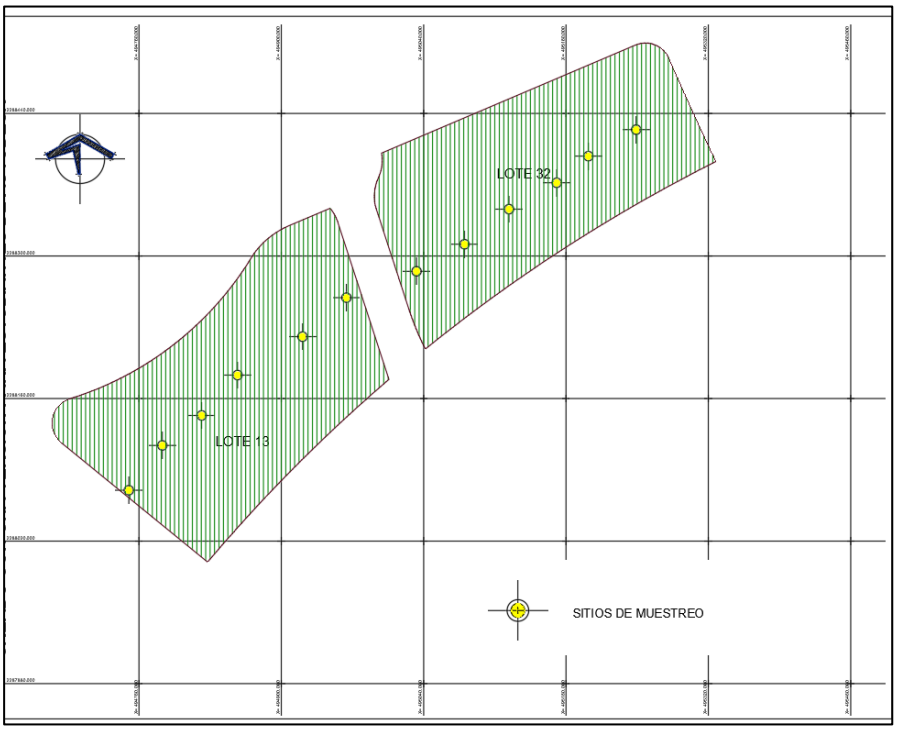
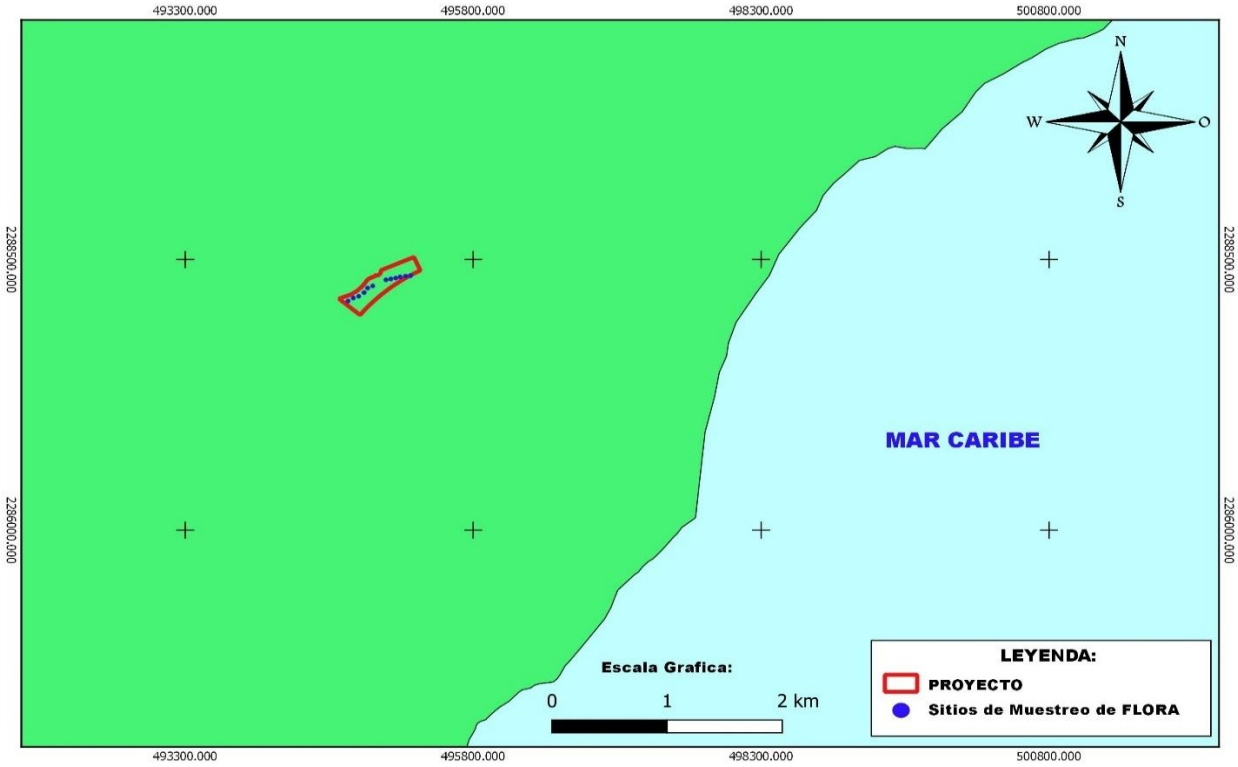


Figura 4. 44. Distribución de los sitios de muestreo de flora dentro del Proyecto.



- **Densidad absoluta**

Abundancia (densidad absoluta) se define como el número de individuos que fueron muestreados por unidad de área, es decir para el arbolado de 10 cm en adelante se utilizó el circulo con un radio de 12.62m a partir del centro dando una total de 500 m^2, para el arbolado entre 5 y 9.9 cm de diámetro se utilizó un círculo con un radio de 3 m a partir del centro teniendo una superficie de muestreo de 28.27m^2 y para la regeneración que va desde nivel de suelo hasta los 4.9 cm de diámetro se utilizó un círculo de 1m a partir del centro teniendo una superficie de muestreo de 3. m^2, posteriormente esta es extrapolada a una hectárea (anexo digital 4.4, datos del predio, densidad/ hectarea). Por ello en la siguiente tabla se muestran los resultados que se obtuvieron para este componente.

Tabla 4.25. Densidad absoluta (abundancia) de individuos por hectárea para el Proyecto, estrato arbóreo.

Número	Nombre común	Nombre científico	Número de individuos por hectárea (densidad absoluta)
1	Alamo	*Ficus cotinifolia*	33
2	Bojom	*Cordia gerascanthus*	2
3	Boob (Boichic)	*Coccoloba spicata*	22
4	Chaca	*Bursera simaruba*	**103**
5	Chacni	*Calyptranthes pallens*	12
6	Chechem negro	*Metopium brownei*	75
7	Cocoite blanco	*Gliricidia sepium*	12
8	Ekulub	*Drypetes lateriflora*	2

Número	Nombre común	Nombre científico	Número de individuos por hectárea (densidad absoluta)
9	Granadillo	*Platymiscium yucatanum*	5
10	Guaya	*Melicoccus oliviformis*	12
11	Higo	*Ficus maxima*	2
12	Jabin	*Piscidia piscipula*	13
13	K´aatal oox	*Swartzia cubensis*	3
14	K´anchunup	*Thouinia paucidentata*	27
15	K'anasín	*Lonchocarpus rugosus*	28
16	Kitam che´	*Caesalpinia gaumeri*	7
17	Laurelillo	*Nectandra salicifolia*	2
18	Pochote	*Ceiba aesculifolia*	2
19	Roble	*Ehretia tinifolia*	2
20	Ruda	*Diphysa carthagenensis*	7
21	Silil	*Diospyros tetrasperma*	8
22	Sip che	*Bunchosia swartziana*	2
23	Siricote	*Cordia dodecandra*	2
24	Subinche	*Mariosousa dolichostachya*	13
25	Ta´tsi´	*Neea psychotrioides*	52
26	Taastaab	*Guettarda combsii*	2
27	Toj yuub	*Coccoloba acapulcensis*	8
28	Tzalam	*Lysiloma latisiliquum*	**88**
29	Uchuche	*Diospyros salicifolia*	35
30	Uvas che´	*Ottoschulzia pallida*	3
31	Uvilla (Bolchiche)	*Coccoloba diversifolia*	15
32	Xuul	*Lonchocarpus xuul*	**85**
33	Ya'axnik	*Vitex gaumeri*	17
34	Yaiti	*Gymnanthes lucida*	13
35	Zapotillo	*Pouteria reticulata*	5
Total			**719**

De acuerdo con los valores presentados en la Tabla 4.25, se observa que hay especies que tienen entre 2 hasta 5 ind/ha y en total se tiene un promedio de 719 ind/ha en las 35 especies. Se observa que las especies mejor representadas en el ecosistema en términos de densidad son: el chaca (*Bursera simaruba*) con 103 ind/ha, seguido por el tzalam (*Lysiloma latisiliquum*) con 88 ind/ha, y en tercer lugar el xuul (*Lonchocarpus xuul*) con 85 ind/ha.

Adicionalmente, la vegetación de selva mediana presenta un estrato arbustivo representado por aquellas especies con un DAP entre 5 y 9.9 cm. Por ello en la siguiente Tabla 4.26 se anotan los valores de densidad para el predio del proyecto.

Tabla 4.26. Densidad absoluta (abundancia) de individuos por hectárea para el Proyecto, estrato arbustivo.

Número	Nombre común	Especie	Número de individuos por hectárea (densidad absoluta)
1	Akitz	*Cascabela gaumeri*	30
2	Dzidzilche	*Gymnopodium floribundum*	**298**
3	Pata de vaca	*Bauhinia divaricata*	60
4	Majagua blanca	*Hampea trilobata*	**119**
5	Chit	*Thrinax radiata*	60
6	Nakas	*Coccothrinax readii*	60
	Guano	*Sabal yapa*	**119**
Total			**746**

De acuerdo con los valores de la Tabla 4.26, se puede observar que existe una alta participación de los elementos considerados arbustivos, ya que se puede observar en este estrato la presencia de almenos 1 especies con 30 ind/ha de un total total de 746 ind/ha para el predio del proyecto. De éstos el dzidzilche (*Gymnopodium floribundum*) tiene la mayor densidad con 298 ind/ha, seguido por la majagua blanca (*Bauhinia divaricate*) y el guano (Sabal yapa) con 119 ind/ha, y finalmente el resto de las especies del estrato como la pata de vaca (*Bauhinia divaricate*), y las palmas chit y nakas (*Thrinax radiata y Coccotrhrinax redii*) con 60 ind/ha respectivamente.

Tabla 4.27. Densidad absoluta (abundancia) de individuos por hectárea para el Proyecto, estrato herbáceo.

Número	Nombre común	Especie	Número de individuos por hectárea (densidad absoluta)
1	Bignonia potosina	*Bignoniaceae*	1667
2	Rivina humilis	*Phytolaccaceae*	5000
3	Ichnanthus lanceolatus	*Poaceae*	2222
4	Arrabidaea podopogon	*Bignoniaceaee*	278
5	Chamaedorea seifrizii	*Arecaceae*	556
6	Paullinia pinnata	*Sapindaceae*	278
Total			**10,001**

De acuerdo con los valores de la Tabla 4.27, se puede observar que existe una alta participación de los elementos considerados herbáceos, ya que se puede observar en este estrato la presencia de almenos dos especies con 278 ind/ha de un total de 10,001 ind/ha para el predio del proyecto. De éstos el chilar (*Rivina humilis*) comparte el más alto valor de densidad con 5,000 ind/ha, seguido por el pasto ixnantus (*Ichnanthus lanceolatus*) con 2,222 ind/ha y el bejuco saca k (*Bignonia potosina*) con 1,667 ind/ha.

Listado florístico por tipo de vegetación identificando aquellas especies en categoría de riesgo en la NOM-059-SEMARNAT-2010.

Aun cuando para la región existe el reporte de un mayor número de especies protegidas para el predio en particular solo se observan tres:

Tabla 4.28. Especies con categoría de riesgo del predio y su distribución de acuerdo a la NOM-059-SEMARNAT -2010

Nombre científico	Nombre común	Estrato	Categoría de riesgo y distribución de acuerdo a la NOM-059-2010
Thrinax radiata	Palma chit	Arbustivo	Amenazada no endémica
Coccothrinax readdii	Palma nakas	Arbustivo	Amenazada endémica

- **Índice de diversidad de Shannon-Weaver y Equitatividad**

Los cálculos de la prueba de diversidad de Shannon-Weaver, se realizaron por medio del paquete BioDiversity Pro, así también se calculó el valor de equitatividad (J). Los muestreos se llevaron a cabo en tres estratos: herbáceo; arbustivo y arbóreo; en función de la forma biológica de las especies. La superficie del levantamiento de datos para el cálculo de los índices fue de 3 m^2, 28 m^2 y 500 m^2, en cada uno de los sitios y los resultados fueron los siguientes:

Estrato arbóreo

De acuerdo con los datos obtenidos se tiene que este estrato arbóreo presenta alta diversidad ya que el resultado obtenido es de 4.18 y esto es entendible en virtud de que se reporta para este la mayor cantidad de especies y estas se encuentran en proceso de recuperación. En cuanto a los datos de “J” sus valores se consideran altos con 0.816. (Tabla 4.29).

Tabla 4.29. Resumen de resultados del análisis de diversidad y equitatividad, para el estrato arbóreo.

Index	Resultados
Shannon H' Log Base 2.	4.188
Shannon Hmax Log Base 2.	5.129
Shannon J'	0.816

En la siguiente Tabla 4.30 se presenta el listado florístico reportado para este estrato, así como el registro de individuos por especies.

Tabla 4.30. Lista de especies registradas en el estrato arbóreo, para el Proyecto.

Número	Nombre común	Nombre científico	Total de individuos por hectárea
1	Alamo	*Ficus cotinifolia*	33
2	Bojom	*Cordia gerascanthus*	2
3	Boob (Boichic)	*Coccoloba spicata*	22
4	Chaca	*Bursera simaruba*	103
5	Chacni	*Calyptranthes pallens*	12
6	Chechem negro	*Metopium brownei*	75
7	Cocoite blanco	*Gliricidia sepium*	12
8	Ekulub	*Drypetes lateriflora*	2

Número	Nombre común	Nombre científico	Total de individuos por hectárea
9	Granadillo	*Platymiscium yucatanum*	5
10	Guaya	*Melicoccus oliviformis*	12
11	Higo	*Ficus maxima*	2
12	Jabin	*Piscidia piscipula*	13
13	K´aatal oox	*Swartzia cubensis*	3
14	K´anchunup	*Thouinia paucidentata*	27
15	K'anasín	*Lonchocarpus rugosus*	28
16	Kitam che´	*Caesalpinia gaumeri*	7
17	Laurelillo	*Nectandra salicifolia*	2
18	Pochote	*Ceiba aesculifolia*	2
19	Roble	*Ehretia tinifolia*	2
20	Ruda	*Diphysa carthagenensis*	7
21	Silil	*Diospyros tetrasperma*	8
22	Sip che	*Bunchosia swartziana*	2
23	Siricote	*Cordia dodecandra*	2
24	Subinche	*Mariosousa dolichostachya*	13
25	Ta´tsi´	*Neea psychotrioides*	52
26	Taastaab	*Guettarda combsii*	2
27	Toj yuub	*Coccoloba acapulcensis*	8
28	Tzalam	*Lysiloma latisiliquum*	88
29	Uchuche	*Diospyros salicifolia*	35
30	Uvas che´	*Ottoschulzia pallida*	3
31	Uvilla (Bolchiche)	*Coccoloba diversifolia*	15
32	Xuul	*Lonchocarpus xuul*	85
33	Ya'axnik	*Vitex gaumeri*	17
34	Yaiti	*Gymnanthes lucida*	13
35	Zapotillo	*Pouteria reticulata*	5
Total			**719**

Estrato arbustivo

De acuerdo a los datos obtenidos se tiene que este estrato arbustivo en el predio del proyecto presenta baja diversidad (2.43), Es importante mencionar que en este estrato se presenta dos especies de palmas con escasa presencia misma que están consideradas en la Norma Oficial 059 y que para este caso se aplicara un programa de rescate. En cuento a los datos de “J” sus valores se consideran altos (0.868) por lo que las especies tienden a la equitatividad. (Tabla 4.31).

Tabla 4.31. Resumen de resultados del análisis de diversidad y equitatividad, para el estrato arbustivo.

Index	Resultados
Shannon H' Log Base 2.	2.438
Shannon Hmax Log Base 2.	2.807
Shannon J'	0.868

En la siguiente Tabla 4.32 se presenta el listado florístico reportado para este estrato, así como el número de registro por especie.

Tabla 4.32. Lista de especies registradas en el estrato arbustivo, para el Proyecto.

Número	Nombre común	Especie	Total de individuos por hectárea
1	Akitz	*Cascabela gaumeri*	30
2	Dzidzilche	*Gymnopodium floribundum*	298
3	Pata de vaca	*Bauhinia divaricata*	60
4	Majagua blanca	*Hampea trilobata*	119
5	Chit	*Thrinax radiata*	60
6	Nakas	*Coccothrinax readii*	60
7	Guano	*Sabal yapa*	119
Total			**746**

Estrato herbáceo

De acuerdo a los datos obtenidos se tiene que este estrato herbáceo en el predio del proyecto presenta baja diversidad ya que el resultado obtenido es de 1.93. En cuento a los datos de "J" sus valores se consideran altos en cuanto a la equitatividad de las especies, ya que el valor obtenido fue de 0.747 (Tabla 4.33).

Tabla 4.33. Resumen de resultados del análisis de diversidad y equitatividad, para el estrato herbáceo.

Index	Resultados
Shannon H' Log Base 2.	1.932
Shannon Hmax Log Base 2.	2.585
Shannon J'	0.747

En la siguiente Tabla 4.34 se presenta el listado florístico reportado para este estrato, así como el número de registro por especie.

Tabla 4.34. Lista de especies registradas en el estrato herbáceo, para el Proyecto.

Número	Nombre común	Nombre científico	Total de individuos por hectárea
1	Sac ak	*Bignonia potosina*	1667
2	chilar	*Rivina humilis*	5000
3	Xnantus	*Ichnanthus lanceolatus*	2222
4	Yax ak	*Arrabidaea podopogon*	278
5	Xiat	*Chamaedorea seifrizii*	556
6	Paulinia	*Paullinia pinnata*	278
Total			**10,001**

- **Índice de valor de importancia**

El Índice de Valor de Importancia (IVI), 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, desarrollado principalmente para jerarquizar la dominancia de cada especie en rodales mezclados y se calcula de la siguiente manera:

IVI=Dominancia Relativa + Densidad Relativa + Frecuencia Relativa

Específicamente para el Proyecto se realizó la aplicación de cada una de las fórmulas de cada uno de los parámetros señalados, aplicados a los tres estratos (herbáceo, arbustivo y arbóreo), los resultados obtenidos se presentan a continuación.

Estrato arbóreo

De acuerdo a Índice de Valor de Importancia, se tiene que en el estrato arbóreo las tres especies más importantes son el tzalam (*Lysiloma latisiliquum*) con 34.48 seguido por el chaca (*Bursera simaruba*) con 32.74 y en en tercer lugar el chechem (*Metopium brownei*) con 27.39, estás tres especies son muy comunes encontrarlos en estas zonas del estado por lo que son características. En la siguiente Tabla 4.35 se presentan las estimaciones de dominancia relativa, densidad relativa, frecuencia relativa e IVI, para el estrato arbóreo.

Tabla 4.35. Dominancia relativa, densidad relativa, frecuencia relativa e IVI estimadas para el estrato arbóreo del Proyecto.

Número	Nombre común	Nombre científico	Dominancia relativa	Densidad relativa	Frecuencia relativa	IVI
1	Alamo	*Ficus cotinifolia*	6.722	4.651	5.882	17.256
2	Bojom	*Cordia gerascanthus*	0.301	0.233	0.654	1.187
3	Boob (Boichic)	*Coccoloba spicata*	3.404	3.023	3.922	10.349
4	Chaca	*Bursera simaruba*	10.485	14.419	7.843	**32.746**
5	Chacni	*Calyptranthes pallens*	0.568	1.628	3.268	5.464
6	Chechem negro	*Metopium brownei*	10.392	10.465	6.536	**27.393**
7	Cocoite blanco	*Gliricidia sepium*	1.514	1.628	1.307	4.449
8	Ekulub	*Drypetes lateriflora*	0.148	0.233	0.654	1.034
9	Granadillo	*Platymiscium yucatanum*	1.195	0.698	1.961	3.853
10	Guaya	*Melicoccus oliviformis*	2.026	1.628	3.268	6.922
11	Higo	*Ficus maxima*	0.870	0.233	0.654	1.756
12	Jabin	*Piscidia piscipula*	4.545	1.860	3.268	9.673
13	K´aatal oox	*Swartzia cubensis*	0.677	0.465	0.654	1.796
14	K´anchunup	*Thouinia paucidentata*	2.804	3.721	4.575	11.100
15	K'anasín	*Lonchocarpus rugosus*	4.034	3.953	5.229	13.216
16	Kitam che´	*Caesalpinia gaumeri*	2.101	0.930	1.961	4.992
17	Laurelillo	*Nectandra salicifolia*	0.148	0.233	0.654	1.034
18	Pochote	*Ceiba aesculifolia*	1.087	0.233	0.654	1.973
19	Roble	*Ehretia tinifolia*	0.108	0.233	0.654	0.995
20	Ruda	*Diphysa carthagenensis*	1.527	0.930	1.961	4.418
21	Silil	*Diospyros tetrasperma*	1.093	1.163	1.961	4.217
22	Sip che	*Bunchosia swartziana*	0.075	0.233	0.654	0.961
23	Siricote	*Cordia dodecandra*	0.509	0.233	0.654	1.395
24	Subinche	*Mariosousa dolichostachya*	3.841	1.860	2.614	8.315
25	Ta´tsi´	*Neea psychotrioides*	5.400	7.209	6.536	19.145
26	Taastaab	*Guettarda combsii*	0.301	0.233	0.654	1.187
27	Toj yuub	*Coccoloba acapulcensis*	0.602	1.163	1.307	3.072
28	Tzalam	*Lysiloma latisiliquum*	16.279	12.326	5.882	**34.487**
29	Uchuche	*Diospyros salicifolia*	3.811	4.884	6.536	15.230
30	Uvas che´	*Ottoschulzia pallida*	0.148	0.465	0.654	1.266
31	Uvilla (Bolchiche)	*Coccoloba diversifolia*	2.389	2.093	3.922	8.404
32	Xuul	*Lonchocarpus xuul*	4.173	11.860	5.882	21.916
33	Ya'axnik	*Vitex gaumeri*	4.859	2.326	3.922	11.106
34	Yaiti	*Gymnanthes lucida*	1.734	1.860	2.614	6.209
35	Zapotillo	*Pouteria reticulata*	0.131	0.698	0.654	1.482
Total			**100**	**100**	**100**	**300**

Estrato arbustivo

En este estrato las tres especies con más valor de importancia fueron el dzidzilche (*Gymnopodium floribundum*) con 122.70, seguido por la majagua blanca (*Hampea trilobata*) con 65.60 y en tercer lugar la pata de vaca (*Bauhinia divaricata*), estas tres especies son comunes y no tienen ningún problema de adaptación en estos terrenos, por lo que las especies se encuentran muy bien representadas en este estrato. Además, se pretende la aplicación de un programa de rescate. En la siguiente Tabla 4.36 se presentan las estimaciones de dominancia relativa, densidad relativa, frecuencia relativa e IVI, para el estrato arbóreo.

Tabla 4.36. Dominancia relativa, densidad relativa, frecuencia relativa e IVI estimadas para el estrato arbustivo del Proyecto.

Número	Nombre común	Nombre científico	Dominancia relativa	Densidad relativa	Frecuencia relativa	IVI
1	Akitz	*Cascabela gaumeri*	0.0398	4	7.143	11.1826
2	Dzidzilche	*Gymnopodium floribundum*	61.2775	40	21.429	**122.706**
3	Pata de vaca	*Bauhinia divaricata*	17.5325	8	7.143	**32.6753**
4	Majagua blanca	*Hampea trilobata*	21.0310	16	28.571	**65.6024**
5	Chit	*Thrinax radiata*	0.0509	8	14.286	22.3366
6	Nakas	*Coccothrinax readii*	0.0286	8	14.286	22.3143
7	Guano	*Sabal yapa*	0.0398	16	7.143	23.1826
Total			**100**	**100**	**100**	**300**

Estrato herbáceo

En este estrato las tres especies con más valor de importancia fueron el chilar (*Rivina humilis*) con 108.06 seguido por Ixnantus (*Ichnanthus lanceolatus*) con 84.06 y en tercer lugar el sac ak (*Bignonia potosina*) con 63.11, estas tres especies son comunes y no tienen ningún problema de adaptación. Además, se pretende la aplicación de un programa de rescate. En la siguiente Tabla 4.37 se presentan las estimaciones de dominancia relativa, densidad relativa, frecuencia relativa e IVI, para el estrato herbáceo.

Tabla 4.37. Dominancia relativa, densidad relativa, frecuencia relativa e IVI estimadas para el estrato herbáceo del Proyecto.

Número	Nombre común	Nombre científico	Dominancia relativa	Densidad relativa	Frecuencia relativa	IVI
1	Sac ak	*Bignonia potosina*	25.397	16.667	21.053	**63.116**
2	chilar	*Rivina humilis*	31.746	50.000	26.316	**108.062**
3	Xnantus	*Ichnanthus lanceolatus*	25.000	22.222	36.842	**84.064**
4	Yax ak	*Arrabidaea podopogon*	6.349	2.778	5.263	14.390
5	Xiat	*Chamaedorea seifrizii*	9.921	5.556	5.263	20.739
6	Paulinia	*Paullinia pinnata*	1.587	2.778	5.263	9.628
Total			**100**	**100**	**100**	**300**

4.3.2.2. Fauna

4.3.2.2.1. Caracterización Ambiental de la Fauna en la Cuenca Hidrológica Forestal y el Sistema Ambiental (anexo digital 4.6)

Proyecto Rotonda

Para la caracterización ambiental de la fauna en la unidad de análisis (SA), con el fin de contar con datos más robusto, y de diferentes temporalidades, se optó por utilizar la información que ha sido generada, a través del monitoreo de la fauna vertebrada, establecido para el proyecto Ciudad Mayakoba, para los dos periodos presentados previamente, que corresponden con los años 2018 – 2019 y 2020 – 2021 (Anexo 4.7).

En la siguiente tabla se presenta las coordenadas de los sitios de muestreo que son utilizados en el monitoreo de la fauna correspondientes a la unidad de análisis.

Tabla 4.38. Coordenadas de los sitios de monitoreo de la fauna correspondientes al proyecto Ciudad Mayakoba.

PUNTO	UTM		PUNTO	UTM	
	E	N		E	N
1	495021	2287535	28	494874	2288333
2	494964	2287571	29	494596	2288746
3	494889	2287622	30	494561	2288774
4	494834	2287660	31	494528	2288798
5	494776	2287702	32	494489	2288825
6	494859	2287800	33	494756	2289056
7	494919	2287760	34	494702	2289091
8	494996	2287710	35	494816	2289125
9	495079	2287651	36	494765	2289160
10	495042	2287799	37	494876	2289201
11	494969	2287854	38	494818	2289241
12	494884	2288010	39	494939	2289295
13	494962	2287958	40	494888	2289325
14	495047	2287902	41	495004	2289378
15	495130	2287847	42	494955	2289410
16	495189	2287806	43	495059	2289459
17	495221	2287898	44	495010	2289488
18	495151	2287950	45	495112	2289536
19	495081	2288000	46	495059	2289569
20	495016	2288046	47	495171	2289600
21	494957	2288082	48	495107	2289645
22	495292	2287930	49	495229	2289648
23	495418	2287997	50	495158	2289708
24	495488	2288031	51	495624	2289189
25	494665	2288170	52	495708	2289130
26	494746	2288211	53	495714	2289241
27	494825	2288273			

4.3.2.2.2. Metodología

Como se ha manifestado para el caso de la fauna esta se ha monitoreado de forma. Por lo que durante los meses de agosto a julio del siguiente año se realizan actividades enfocadas a los cuatro grupos de fauna presentes en el predio. A continuación, se describe la metodología para cada grupo de fauna.

- **Aves**

Las aves se muestrearon durante 5 días, en los meses de marzo y agosto de 2018 – 2019 y 2020 – 2021, siguiendo brechas ya establecidas y en la cual se tomaron puntos de muestreo y a través de conteos por contacto visual en distancia limitada (Ralph, J & M Scott, 1981). La identificación de las especies se llevó a cabo mediante el uso de binoculares y guías de campo de aves de la región (Aves Comunes de la Península de Yucatán 2008). De antemano, se reconoce que durante las primeras horas de la mañana es cuando se registran la mayor cantidad de aves y que en las horas del mediodía estos organismos bajan notoriamente su actividad y la reinician al atardecer una vez que las condiciones ambientales son menos extremas.

- **Anfibios y reptiles**

Para el registro de anfibios y reptiles de la zona, se empleó el método de búsqueda generalizada que consiste en recorrer la zona de estudio en un tiempo determinado revisando acumulaciones de hojarasca, troncos, piedras, así como los arbustos de denso follaje del área, teniendo como ayuda el uso de guías de campo de anfibios y reptiles de la región (Anfibios y Reptiles de Sian Ka'an 2008). Los muestreos se efectuaron sobre el mismo transecto o brecha ya establecida y en la cual se tomaron puntos de muestreo durante 5 días en los meses de marzo a agosto de 2018 – 2019 y 2020 – 2021, realizándose en dos diferentes horarios, 7:00 a 9:00 am y 7:00 a 9:00 pm, con el fin de registrar especies diurnas y nocturnas. Los registros se realizaron mediante inspecciones visuales, búsqueda directa y la utilización de ganchos herpetológicos. Para el caso de anfibios se incluyó el registro auditivo, ya que estos tienen un canto característico.

- **Mamíferos**

Para el caso de los mamíferos, se realizaron recorridos y monitoreos puntuales durante 5 días, a lo largo del transecto señalado en el punto de aves y anfibios y reptiles, durante los meses de marzo y agosto de 2018 – 2019 y 2020 - 2021 y se registraron las observaciones directas, las cuales incluyeron: animales vistos, escuchados u olidos, así como observaciones indirectas como: huellas, excretas, rascaderos, comederos, etc., (Gates, 1983). Adicionalmente se instalación una serie de trampas de las denominadas Sherman (6 en total) y Tomahawk (2 en total) con la intención de capturar roedores y mamíferos de talla chica y mediana, además de recopilar una amplia información de la fauna existente a través de la entrevista con los trabajadores del Proyecto. También se emplearon binoculares, cámara fotográfica y guías de campo ilustradas (guía completa de 2008). Mediante el monitoreo establecido se pudo conocer la preferencia de hábitat para las especies (Anexo 4.1). En el caso de las huellas, estas fueron medidas y comparadas con un manual de identificación (huellas y otros rastros de los mamíferos grandes y medianos de México 2000).

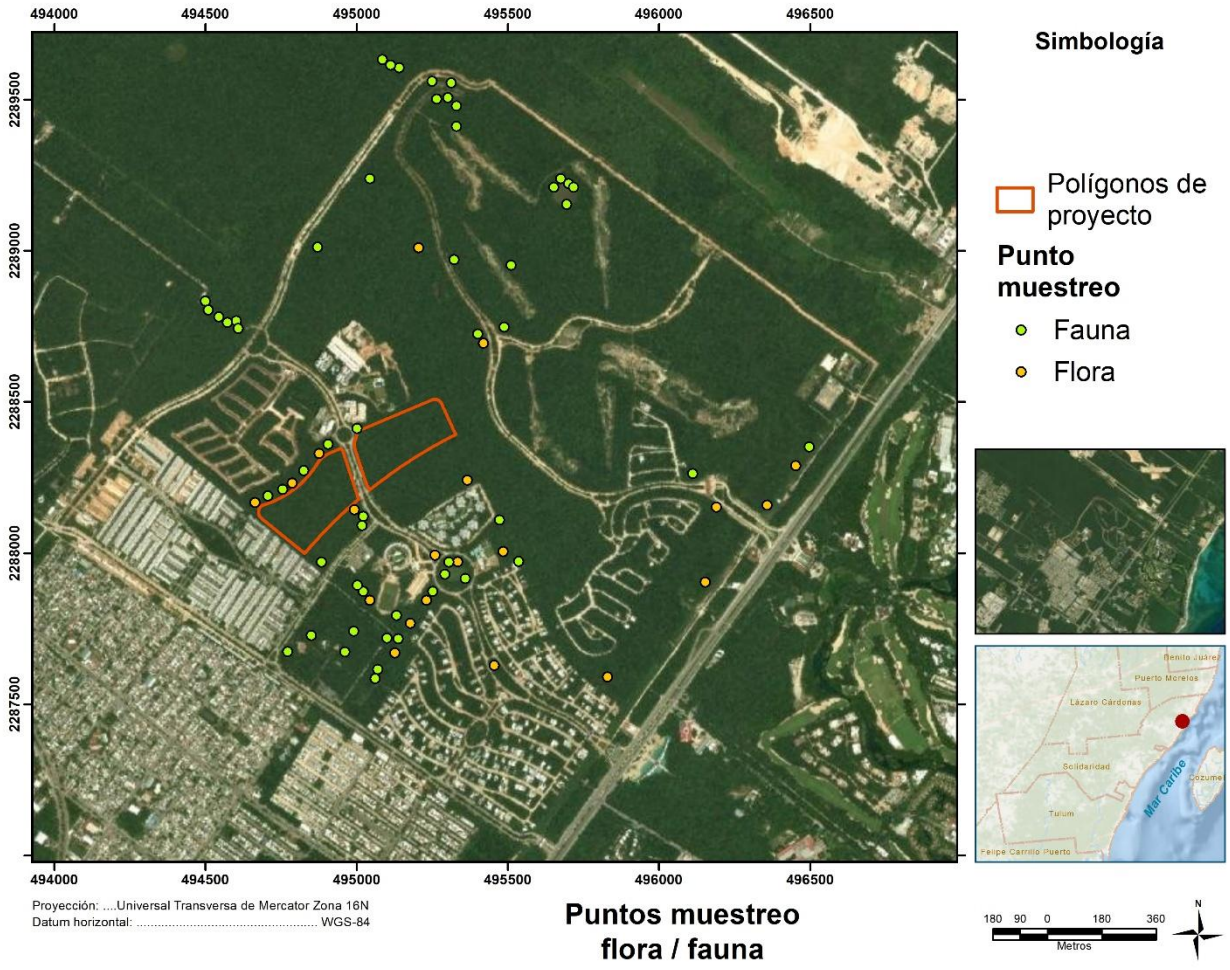
Se contó con GPS Garmin 60 empleando el Datum WGS-84 para documentar la posición geográfica de los diferentes transectos.

Cámara trampa

Se instalaron cámaras trampa o cámara de sensor al movimiento con un mecanismo para obtener una fotografía natural de los posibles individuos que se pudiesen registrar, este método es nuevo e innovador ya que al colocarlas en un lugar específico se deja por 12 horas activadas, que posteriormente se recarga para volver a dejarlas en función. Estas cámaras son de gran ayuda debido a que algunas especies son de difícil observación debido a que huyen a la presencia de personas. Estas trampas se colocan generalmente por la tarde o noche y se levantan al amanecer. Esto llevará a tener un registro con más exactitud de las especies encontradas y poder determinar si es necesaria su captura.

En la siguiente Figura 4.45 se presenta la distribución de los sitios de monitoreo de la fauna correspondientes al proyecto Ciudad Mayakoba, utilizados para establecer el registro de fauna dentro de la unidad de análisis (SA).

Figura 4.45. Distribución de los sitios de monitoreo de la fauna unidad de análisis.



4.3.2.2.3. Resultados

A partir de los monitoreos de campo realizados en la unidad de analisis presenta un listado de fauna combinado para el mismo correspondiente a los periodos 2018 al 2019 y 2020 al 2021 así como las coordenadas correspondientes de dicho monitoreo y en el que se observa vertebrados de 74 especies; 6 especies de anfibios, 17 especies de reptiles, 38 especies de aves y 14 especies de mamíferos.

Las aves representan el grupo más diverso con 38 especies, 17 especies de reptiles, 14 especies de mamíferos. Y 6 especies de anfibios. Por Clase taxonómica estudiada los registros están representados en un 50.67% por las aves, 22.67% para los reptiles, 18.67 para los mamíferos, y 8% para los anfibios.

Tabla 4.39. Fauna reportada para la unidad de análisis de acuerdo al monitoreo 2018 al 2019 y 2020 al 2021.

Clase	Familia	*Especie*	Nombre común	Unidad de análisis	Total No. ind	NOM 059	Migratoria	Residente
AVES	Cathartidae	*Coragyps atratus*	Zopilote	X	11			X
		Cathartes aura	Aura	X	8			X
	Accipitridae	*Rupornis magnirostris*	Agulilla caminera	X	1			X
	Cracidae	*Ortalis vetula*	Chcachalaca	X	8			X
	Columbidae	*Columbina passerina*	Tortolita	X	3	A		X
		Patagioenas flavirostris	Paloma morada	X	3			X
		Zenaida asiatica	Paloma de alas blancas	X	5			X
	Psittacidae	*Amazona albifrons*	Loro frente blanca	X	12	Pr		X
		Eupsittula nana	Perico pecho sucio	X	9	Pr		X
	Cuculidae	*Crotophaga sulcirostris*	Garrapatero	X	7			X
		Piaya cayana	Cucu	X	2			X
	Caprimulgidae	*Chordeiles minor*	Chotacabra zumbón	X	2			X
	Trochilidae	*Chlorostilbon canivetii*	Colibrí esmeralda	X	5			X
	Trogonidae	*Trogon melanocephalus*	Trogon	X	3			X
		T. caligatus	Trogon	X	1			X
	Momotidae	*Eumomota supersiliosa*	Mot mot	X	2			X
	Picidae	*Melanerpes aurifrons*	Carpintero frentiamarilla	X	4			X
		M. pygmaeus	Carpintero enano	X	5			X
	Cardinalidae	*Piranga rubra*	Piranga roja	X	2			X
	Parulidae	*Parula americana*	Parula norteña	X	2			X
	Vireonidae	*Vireo magister*	Vireo yucateco	X	2			X
	Tyrannidae	*Megarynchus pitangua*	Luis piquigrueso	X	5			X
		Myiozetetes similis	Luis gregario	X	3			X
		Pitangus sulphuratus	Luis	X	3			X
		Tyrannus melancholicus	Tirano	X	5			X
		T. couchi	Tirano silvador	X	1			X
	Hirundinidae	*Hirundo rustica*	Golondrina	X	14			X
	Corvidae	*Cyanocorax yucatanicus*	Chara Azul	X	8			X
		Psilorhinus morio	Pepe	X	6			X
	Mimidae	*Mimus gilvus*	Cenzontle tropical	X	5			X
	Tytiridae	*Pachyramphus aglaiae*	Cabezón degollado	X	2			X
		Tytira semifasciata	Titira puerquito	X	1			X

Clase	Familia	*Especie*	Nombre común	Unidad de análisis	Total No. ind	NOM 059	Migratoria	Residente
	Icteridae	*Dives dives*	Tordo cantor	X	1			X
		Icterus auratus	Bolsero yucateco	X	5			X
		I. dominicensis	Bolsero dominico	X	3			X
		I. gularis	Bolsero de altamira	X	4			X
		Quiscalus mexicanus	Zanate	X	7			X
		Molothrus aeneus	Tordo ojo rojo	X	1			X
Subtotal					**171**			

Clase	Familia	*Especie*	Nombre común	Unidad de análisis	Total No. ind	NOM 059	Migratoria	Residente
MAMIFEROS	Phillostomidae	*Artibeus jamaicensis*	Murciélago frutero	**X**	3			X
		A. intermedius	Murciélago	**X**	2			X
	Emballonuridae	*Peropteryx macrotis*	Murciélago perro mayor	**X**	1			X
	Didelphidae	*Didelphis virginiana*	Tlacuache común	**X**	2			X
		D. marsupialis	Tlacuache	**X**	2			X
	Cricetidae	*Peromyscus yucatanicus*	Ratón yucateco	**X**	3			X
		Oryzomys couesi	Rata arrocera	**X**	2			X
	Dasyproctidae	*Dasyprocta punctata*	Cereque	**X**	2			X
	Mephitidae	*Spilogale putorius*	Zorrillo manchado	**X**	1			X
	Sciuridae	*Sciurus yucatanensis*	Ardilla yucateca	**X**	4			X
	Canidae	*Urocyon cinereoargenteus*	Zorra gris	**X**	2			X
	Procyonidae	*Nasua narica*	Tejón, coati, pizote	**X**	6			X
	Procyon	*Procyon lotor*	Mapache	**X**	4			
	Cervidae	Mazama temama	Temazate rojo	**X**	1			X
Subtotal					**35**			X

Clase	Familia	*Especie*	Nombre común	Unidad de análisis	Total No. ind	NOM 059	Migratoria	Residente
REPTILES	Bataguridae	*Rhinoclemmys areolata*	Tortuga mojina	**X**	2	**A**		X
	Kinosternidae	*Kinosternon scorpioides*	Pochitoque	**X**	2	**Pr**		X
	Gekkonidae	*Hemidactylus frenatus*	Cuija, besucona	**X**	6			X
	Corytophanidae	*Basiliscus vittatus*	Tolok	**X**	4			X
	Iguanidae	*Ctenosaura similis*	Iguana Rayada, garrobo	**X**	9	**A**		X
	Phrynosomatidae	*Sceloporus chrysostictus*	Roño	**X**	3			X
	Dactyloidae	*Anolis sagrei*	Chipojo	**X**	2			X
		Anolis sericeus	Chipojo	**X**	6			X
	Scincidae	*Plestiodon sumichrasti*	Eslizón listado del sureste	**X**	2			X
	Teiidae	*Holcosus undulatus*	Ameiva arcoíris	**X**	3			X
	Colubridae	*Coniophanes schmidti*	Culebra rayada yucateca	**X**	1			X
		Leptophis mexicanus	Ranera oliva	**X**	5	**A**		X

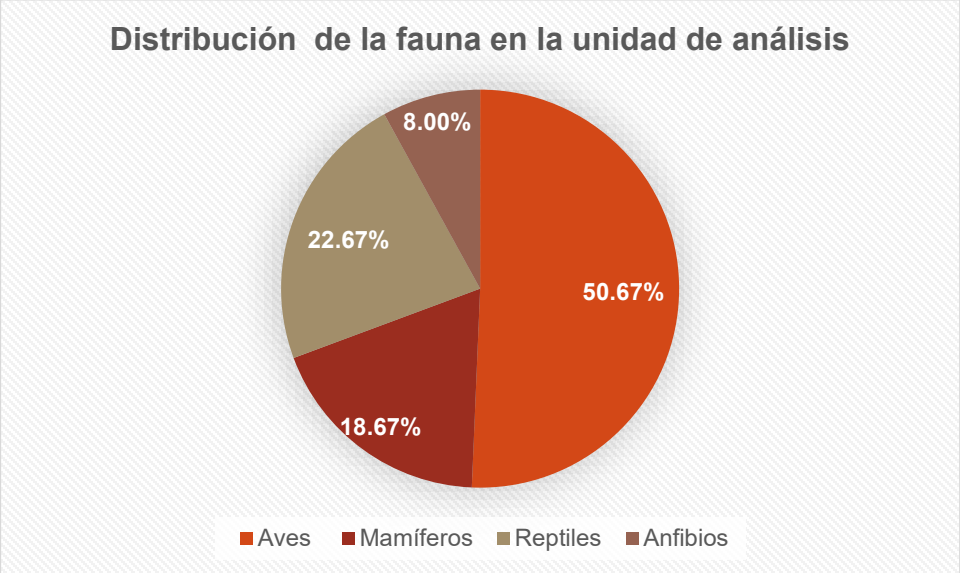
Clase	Familia	*Especie*	Nombre común	Unidad de análisis	Total No. ind	NOM 059	Migratoria	Residente
		Oxybelis fulgidus	Bejuquillo verde	**X**	1			X
		Masticophis mentovarius	Culebra corredora	**X**	1			X
		Mastigodryas melanolomus	Culebra lagartijera común	**X**	1			X
	Boidae	*Boa imperator*	Oxcan, boa	**X**	2			X
	Viperidae	*Bothrops asper*	Nauyaca real	**X**	2			X
Subtotal					**52**			

Clase	Familia	Especie	Nombre común	Inidad de análisis	Total No. ind	NOM 059	Migratoria	Residente
ANFIBIOS	Hylidae	*Smilisca baudinii*	Rana arborícola	X	3			X
		Trachycephalus venulosa	Rana lechosa	X	1			X
		Scinax staufferi	Rana arborícola trompuda	X	2			X
	Leptodactylidae	*Leptodactylus melanonotus*	Ranita de hojarasca	X	7			X
	Bufonidae	*Rhinella marina*	Sapo marino	X	1			X
		Incillius valliceps	Sapo costero	X	2			X
Subtotal					**16**			
Total					**270**			

Tabla 4.40. Composición taxonómica de especies presentes en la unidad de análisis.

Clase	Especies	Familia
Aves	38	20
Mamíferos	14	9
Reptiles	17	12
Anfibios	6	3
Total	**75**	**44**

Figura 4.46. Porcentaje de registros por clase taxonómica.



- **Fauna con estatus especial**

En la unidad de análisis se identificaron seis especies enlistadas dentro de la NOM-059-SEMARNAT-2010, siendo estas *Rhinoclemmys areolata, Ctenosaura similis, Leptophis mexicanus, Boa imperator,* las cuales se encuentran con un estatus identificado como de amenazada, *Kinosternon scorpioides, Amazona albifrons y Aratinga nana*, las cuales se encuentran con un estatus identificado como sujeta a protección especial (Tabla 4.41).

Tabla 4.41. Especies con categoría de riesgo de la unidad de análisis y el predio del proyecto y su distribución de acuerdo a la NOM-059-SEMARNAT-2010.

Familia	Nombre científico	Nombre común	Categoría de riesgo NOM-059-SEMARNAT-2010	Unidad de análisis	Predio
Aves					
Psittacidae	*Amazona albifrons*	Loro frente blanca	Sujeta a protección especial (Pr) no endémica	X	X
	*Aratinga nana**	Perico pecho sucio	Sujeta a protección especial (Pr) no endémica	X	X
Mamíferos					
	0	*0*	0		
Reptiles					
Iguanidae	*Ctenosaura similis*	Iguana Rayada	Amenazada (A) no endémica	X	X
Bataguridae	*Rhinoclemmys areolata*	Tortuga mojina	Amenazada (A) no endémica	X	X
Kinosternidae	*Kinosternon scorpioides*	Tortuga pochitoque	Sujeta a protección especial (Pr) no endémica	X	
Colubridae	*Leptophis mexicanus*	Culebra verde	Amenazada (A) no endémica	X	
Boidae	*Boa imperator**	Boa	Amenzada (A) no endémica	X	X
Anfibios					
	0	*0*	0		

* Nota: de acuerdo a las actualizaciones taxonómicas recientes, estas especies han cambiado sus géneros y en otros casos la especie, sin embargo, siguen siendo las mismas clasificadas de acuerdo a la Norma Oficial ya que esta no se ha actualizado.

- **Índice de diversidad de Shannon-Weaver y Equitatividad**

Aves

Los resultados obtenidos en este grupo fueron de 4.90 lo que nos indica que se considera la zona como de alta diversidad y es justificable ya que el Proyecto cuenta con una superficie mayor en la cual las aves tienen espacios por donde desplazarse. Por otra parte, se menciona que las aves no necesariamente se encuentran en el sitio en forma permanente, sino que muchas son de paso y que por sí solas se alejan al menor ruido. En cuanto al valor de “J”, este es de 0.93, que es considerado como alto, lo que nos indica que hay una alta equitatividad entre las especies. (Tabla 4.42).

Tabla 4.42. Resumen de resultados del análisis de diversidad y equitatividad, para las aves en la unidad de análisis.

Índex	Resultados
Shannon H' Log Base 2.	4.906
Shannon Hmax Log Base 2.	5.248
Shannon J'	0.935

En la siguiente Tabla 4.43 se presenta el listado de aves reportadas para la unidad de análisis, así como el número de registro por especie.

Tabla 4.43. Lista de especies de aves registradas en la unidad de análisis y número de individuos registrados por especie.

Número	Nombre científico	Nombre común	Número de registros
1	*Coragyps atratus*	Zopilote	11
2	*Cathartes aura*	Aura	8
3	*Rupornis magnirostris*	Agulilla Caminera	1
4	*Ortalis vetula*	Chcachalaca	8
5	*Columbina passerina*	Tortolita	3
6	*Patagioenas flavirostris*	Paloma Morada	3
7	*Zenaida asiatica*	Paloma De Alas Blancas	5
8	*Amazona albifrons*	Perico Frente Blanca	12
9	*Aratinga nana*[13]	Perico Pecho Sucio	9
10	*Crotophaga sulcirostris*	Garrapatero	7
11	*Piaya cayana*	Cucu	2
12	*Chordeiles minor*	Chotacabra zumbón	2
13	*Chlorostilbon canivetii*	Colibrí esmeralda	5
14	*Trogon melanocephalus*	Trogon	3
15	*T. melanocephalus*	Trogon	1
16	*Eumomota supersiliosa*	Mot mot	2
17	*Melanerpes aurifrons*	Carpintero frentiamarilla	4
18	*M. pygmaeus*	Carpintero enano	5
19	*Piranga rubra*	Piranga roja	2
20	*Parula americana*	Parula norteña	2
21	*Vireo magister*	Vireo yucateco	2
22	*Megarynchus pitangua*	Luis piquigrueso	5
23	*Myiozetetes similis*	Luis gregario	3
24	*Pitangus sulphuratus*	Luis	3
25	*Tyrannus melancholicus*	Tirano	5
26	*T. couchi*	Tirano silvador	1
27	*Hirundo rustica*	Golondrina	14
28	*Cyanocorax yucatanicus*	Chara azul	8
29	*Psilorhinus morio*	Pepe	6
30	*Mimus gilvus*	Cenzontle tropical	5

[13] *Eupsittula nana.*

Número	Nombre científico	Nombre común	Número de registros
31	*Pachyramphus aglaiae*	Cabezón degollado	2
32	*Tytira semifasciata*	Titira puerquito	1
33	*Dives dives*	Tordo cantor	1
34	*Icterus auratus*	Bolsero yucateco	5
35	*I. dominicensis*	Bolsero dominico	3
36	*I. gularis*	Bolsero de Altamira	4
37	*Quiscalus mexicanus*	Zanate	7
38	*Molothrus aeneus*	Tordo ojo rojo	1
Total			**171**

Mamíferos

Los resultados obtenidos en este grupo fueron de 3.614 lo que nos indica que se considera la zona como de buena diversidad y es justificable ya que es una superficie mayor y en el que puede observarse la vegetación en condiciones naturales y en donde los mamíferos no son molestados, además hay que tomar en cuenta que los mamíferos no necesariamente se encuentran en el sitio en forma permanente si no que muchos son de paso por la constante búsqueda de alimento. En cuanto a su equitatividad se considera alta (0.949) ya que las pocas especies tienden a la equitatividad (Tabla 4.44).

Tabla 4.44. Resumen de resultados del análisis de diversidad y equitatividad, para los mamíferos en la unidad de análisis.

Índex	Resultados
Shannon H' Log Base 2.	3.614
Shannon Hmax Log Base 2.	3.807
Shannon J'	0.949

En la siguiente Tabla 4.45 se presenta el listado de mamíferos reportados para la unidad de análisis, así como el número de registro por especie.

Tabla 4.45. Lista de especies de mamíferos registrados en la unidad de análisis y número de individuos registrados por especie.

Número	Nombre científico	Nombre común	Número de registros
1	*Artibeus jamaicensis*	Murciélago frutero	3
2	*A. intermedius*	Murciélago	2
3	*Peropteryx macrotis*	Murciélago perro mayor	1
4	*Didelphis virginiana*	Tlacuache común	2
5	*D. marsupialis*	Tlacuache	2
6	*Peromyscus yucatanicus*	Ratón yucateco	3
7	*Oryzomys couesi*	Rata arrocera	2
8	*Dasyprocta punctata*	Cereque	2
9	*Spilogale putorius*	Zorrillo manchado	1
10	*Sciurus yucatanensis*	Ardilla yucateca	4
11	*Urocyon cinereoargenteus*	Zorra gris	2
12	*Nasua narica*	Tejón, coati, pizote	6
13	*Procyon lotor*	Mapache	4
14	Mazama temama	Temazate rojo	1
Total			**35**

Reptiles

El resultado en este grupo fue de 3.76 lo que nos indica que se considera la zona como de alta diversidad y es justificable ya que es una superficie mayor y en el que puede observarse la vegetación en condiciones naturales y los reptiles no son molestados, por otra parte, al momento del muestreo la presencia de personal ocasiona ruido y esto genera que la fauna tienda alejarse de la zona. En cuanto a su equitatividad se considera alta (0.92) ya que las especies tienden a la equitatividad (Tabla 4.46).

Tabla 4.46. Resumen de resultados del análisis de diversidad y equitatividad, para los reptiles en la unidad de análisis.

Index	Resultados
Shannon H' Log Base 2.	3.765
Shannon Hmax Log Base 2.	4.087
Shannon J'	0.921

En la siguiente Tabla 4.47 se presenta el listado de reptiles reportados para la unidad de análisis, así como el número de registro por especie.

Tabla 4.47. Lista de especies de reptiles registrados en la unidad de análisis y número de individuos registrados por especie.

Número	Nombre científico	Nombre común	Número de registros
1	*Rhinoclemmys areolata*	Tortuga mojina	2
2	*Kinosternon scorpioides*	Pochitoque	2
3	*Hemidactylus frenatus*	Cuija, besucona	6
4	*Basiliscus vittatus*	Tolok	4
5	*Ctenosaura similis*	Iguana rallada, garrobo	9
6	*Sceloporus chrysostictus*	Roño	3
7	*Anolis sagrei*	Chipojo	2
8	*Anolis sericeus*	Chipojo	6
9	*Plestiodon sumichrasti*	Eslizón listado del sureste	2
10	*Holcosus undulatus*	Ameiva arcoíris	3
11	*Coniophanes schmidti*	Culebra rayada yucateca	1
12	*Leptophis mexicanus*	Ranera oliva	5
13	*Oxybelis fulgidus*	Bejuquillo verde	1
14	*Masticophis mentovarius*	Culebra corredora	1
15	*Mastigodryas melanolomus*	Culebra lagartijera común	1
16	*Boa imperator*	Oxcan, boa	2
17	*Bothrops asper*	Nauyaca real	2
Total			**52**

Anfibios

Como se puede apreciar los resultados obtenidos nos indican que el grupo de los anfibios presenta baja diversidad (2.22), si se toma en cuenta que arriba de valores de 3 en adelante se considera como una buena. y es justificable ya que los anfibios no siempre pueden observarse a simple vista además de que al momento del muestreo la presencia de personal ocasiona ruido y esto genera que la fauna tienda alejarse de la zona, En cuanto a su equitatividad se considera alta (0.86) ya que las pocas especies tienden a la equitatividad (Tabla 4.48).

Tabla 4.48. Resumen de resultados del análisis de diversidad y equitatividad, para los anfibios en la unidad de análisis.

Index	Resultados
Shannon H' Log Base 2.	2.225
Shannon Hmax Log Base 2.	2.585
Shannon J'	0.861

En la siguiente Tabla 4.49 se presenta el listado de anfibios reportados para la unidad de análisis, así como el número de registro por especie.

Tabla 4.49. Lista de especies de anfibios registrados en la unidad de análisis y número de individuos registrados por especie.

Número	Nombre científico	Nombre común	Total
1	*Smilisca baudinii*	Rana arborícola	3
2	*Trachycephalus venulosa*	Rana lechosa	1
3	*Scinax staufferi*	Rana arborícola trompuda	2
4	*Leptodactylus melanonotus*	Ranita de hojarasca	7
5	*Rhinella marina*	Sapo marino	1
6	*Incillius valliceps*	Sapo costero	2
Total			**16**

- **Abundancia relativa**

Aves

Las abundancias relativas de las especies de aves son muy homogéneas, siendo las tres especies con más alto valor la golondrina (*Hirundo rustica*) con un valor de 8.18, seguido por el perico frente blanca (*Amazona albifrons*) con un valor 7.01 y en tercer lugar se ubica el zopilote (*Coragyps atratus*) con un valor de 6.43 (Tabla 4.50).

Tabla 4.50. Valores de abundancia relativa por especie de ave registrada en la unidad de análisis.

Número	Nombre científico	Nombre común	Abundancia relativa
1	*Coragyps atratus*	Zopilote	**6.433**
2	*Cathartes aura*	Aura	4.678
3	*Rupornis magnirostris*	Agulilla Caminera	0.585
4	*Ortalis vetula*	Chcachalaca	4.678
5	*Columbina passerina*	Tortolita	1.754
6	*Patagioenas flavirostris*	Paloma Morada	1.754
7	*Zenaida asiatica*	Paloma De Alas Blancas	2.924
8	*Amazona albifrons*	Perico Frente Blanca	**7.018**
9	*Aratinga nana*	Perico Pecho Sucio	5.263
10	*Crotophaga sulcirostris*	Garrapatero	4.094
11	*Piaya cayana*	Cucu	1.170
12	*Chordeiles minor*	Chotacabra zumbón	1.170

Número	Nombre científico	Nombre común	Abundancia relativa
13	*Chlorostilbon canivetii*	Colibrí esmeralda	2.924
14	*Trogon melanocephalus*	Trogon	1.754
15	*T. melanocephalus*	Trogon	0.585
16	*Eumomota supersiliosa*	Mot mot	1.170
17	*Melanerpes aurifrons*	Carpintero frentiamarilla	2.339
18	*M. pygmaeus*	Carpintero enano	2.924
19	*Piranga rubra*	Piranga roja	1.170
20	*Parula americana*	Parula norteña	1.170
21	*Vireo magister*	Vireo yucateco	1.170
22	*Megarynchus pitangua*	Luis piquigrueso	2.924
23	*Myiozetetes similis*	Luis gregario	1.754
24	*Pitangus sulphuratus*	Luis	1.754
25	*Tyrannus melancholicus*	Tirano	2.924
26	*T. couchi*	Tirano silvador	0.585
27	*Hirundo rustica*	Golondrina	**8.187**
28	*Cyanocorax yucatanicus*	Chara azul	4.678
29	*Psilorhinus morio*	Pepe	3.509
30	*Mimus gilvus*	Cenzontle tropical	2.924
31	*Pachyramphus aglaiae*	Cabezón degollado	1.170
32	*Tytira semifasciata*	Titira puerquito	0.585
33	*Dives dives*	Tordo cantor	0.585
34	*Icterus auratus*	Bolsero yucateco	2.924
35	*I. dominicensis*	Bolsero dominico	1.754
36	*I. gularis*	Bolsero de Altamira	2.339
37	*Quiscalus mexicanus*	Zanate	4.094
38	*Molothrus aeneus*	Tordo ojo rojo	0.585
Total			**100**

Mamíferos

En el caso de los mamíferos se observa que la única especie con un valor alto comparativamente con las demás fue el Tejón (*Nasua narica*) con el 17.143, seguido por la Ardilla yucateca (*Sciurus yucatanensis*) y el Mapache (*Procyon lotor)* con 11.42 y en cuarto lugar el Murciélago frutero (*Artibeus jamaicensis*) y el Ratón yucateco (*Peromyscus yucatanicus)* con 8.57. Algunas de estas especies se adaptan bien a la presencia humana y en algunos casos cuando se adaptan y no son molestados sus poblaciones se incrementan rápidamente llegado a ser una molestia como es el caso del Tejón (*Nasua narica*) (Tabla 4.51).

Tabla 4.51. Valores de abundancia relativa por especie de mamífero registrado en la unidad de análisis.

Número	Nombre científico	Nombre común	Abundancia relativa
1	*Artibeus jamaicensis*	Murciélago frutero	**8.571**
2	*A. intermedius*	Murciélago	5.714
3	*Peropteryx macrotis*	Murciélago perro mayor	2.857
4	*Didelphis virginiana*	Tlacuache común	5.714
5	*D. marsupialis*	Tlacuache	5.714
6	*Peromyscus yucatanicus*	Ratón yucateco	**8.571**
7	*Oryzomys couesi*	Rata arrocera	5.714
8	*Dasyprocta punctata*	Cereque	5.714
9	*Spilogale putorius*	Zorrillo manchado	2.857
10	*Sciurus yucatanensis*	Ardilla yucateca	**11.429**
11	*Urocyon cinereoargenteus*	Zorra gris	5.714
12	*Nasua narica*	Tejón, coati, pizote	**17.143**
13	*Procyon lotor*	Mapache	**11.429**
14	Mazama temama	Temazate rojo	2.857
Total			**100**

Reptiles

El grupo de los reptiles es muy difícil de observar a simple vista y esto dificulta obtener datos de un gran número de los mismos, por otra parte, dada a las altas temperaturas son pocos los individuos que pueden estar a cualquier hora del día. En relación a la abundancia relativa se puede ver que las especies que presentan los valores más altos son la iguana rayada (*Ctenosaura similis*) con un valor de 17.33, la cuija (*Hemidactylus frenatus*) y el chipojo (*Anolis sericeus*) con un calor de 11.53, respectivamente y finalmente la Ranera oliva (*Leptophis mexicanus)* con 9.61 (Tabla 4.52).

Tabla 4.52. Valores de abundancia relativa por especie de reptil registrado en la unidad de análisis.

Número	Nombre científico	Nombre común	Abundancia relativa
1	*Rhinoclemmys areolata*	Tortuga mojina	3.846
2	*Kinosternon scorpioides*	Pochitoque	3.846
3	*Hemidactylus frenatus*	Cuija, besucona	**11.538**
4	*Basiliscus vittatus*	Tolok	7.692
5	*Ctenosaura similis*	Iguana rallada, garrobo	**17.308**
6	*Sceloporus chrysostictus*	Roño	5.769
7	*Anolis sagrei*	Chipojo	3.846
8	*Anolis sericeus*	Chipojo	**11.538**
9	*Plestiodon sumichrasti*	Eslizón listado del sureste	3.846
10	*Holcosus undulatus*	Ameiva arcoíris	5.769
11	*Coniophanes schmidti*	Culebra rayada yucateca	1.923
12	*Leptophis mexicanus*	Ranera oliva	9.615
13	*Oxybelis fulgidus*	Bejuquillo verde	1.923
14	*Masticophis mentovarius*	Culebra corredora	1.923
15	*Mastigodryas melanolomus*	Culebra lagartijera común	1.923
16	*Boa imperator*	Oxcan, boa	3.846
17	*Bothrops asper*	Nauyaca real	3.846
Total			**100**

Anfibios

El grupo de los anfibios es aún más difícil de observar a simple vista y esto dificulta obtener datos de un gran número de los mismos, por otra parte, dada a las altas temperaturas son pocos los individuos que pueden estar a cualquier hora del día. Con relación a la abundancia relativa se puede ver a la rana de hojarasca (*Leptodactylus melanonotus*) con un valor de 43.75, seguido por la rana arborícola (*Smilisca baudinii*) con 18.75, y en tercer lugar Rana arborícola trompuda (*Scinax staufferi*) y Sapo costero *(Incillius valliceps)* con 12.50 (Tabla 4.53).

Tabla 4.53. Valores de abundancia relativa por especie de anfibio registrado en la unidad de análisis.

Número	Nombre científico	Nombre común	Abundancia Relativa
1	*Smilisca baudinii*	Rana Arborícola	**18.750**
2	*Trachycephalus venulosa*	Rana Lechosa	6.250
3	*Scinax staufferi*	Rana Arborícola Trompuda	12.500
4	*Leptodactylus melanonotus*	Ranita de Hojarasca	**43.750**
5	*Rhinella marina*	Sapo Marino	6.250
6	*Incillius valliceps*	Sapo Costero	12.500
Total			**100**

- **Representatividad de la fauna**

Con objeto de que la fauna en la zona donde se localiza el Proyecto denotara su representatividad, se utilizaron técnicas de muestreo establecidas para cada taxón, que además se adecuaron para el sitio y fauna habitante. Los sitios donde se colocaron las trampas fueron brechas establecidas para el muestreo de vegetación, así como de los recorridos sobre los transectos que representaron los diferentes estados de conservación de la vegetación y de las condiciones ambientales que se encuentran en toda el área de interés. Además, la selección de unidades muestrales se adecuó a los requerimientos de randomización, replicación y/o estratificación con la finalidad de establecer o conocer ciertas características de una comunidad, población animal (por ejemplo. riqueza, abundancia) u otros elementos (Magurran y Mc Gill, 2011).

Existen algunos métodos para determinar cuál es el esfuerzo de muestreo adecuado para un estudio de inventario o muestreo. Sin embargo, la mayoría de ellos se basan en estudios previos (como en el caso de curvas de acumulación de especies) o estudios piloto (Magurran y Mc Gill, 2011).

Para conocer el grado de representatividad y riqueza de la fauna el Proyecto, se realizó una comparativa con la fauna registrada en Ciudad Mayakoba, para diferentes temporalidades, y por consecuencia con diferentes grados de avance y actividad en el proyecto Ciudad Mayakoba, así como con la fauna del corredor Cancún – Tulum y finalmente con la fauna registrada en el estado de Quintana Roo (Tabla 4.54).

Los resultados presentados en la siguiente Tabla 4.54, son producto de los trabajos de campo realizados en el SA y el proyecto Rotonda, que fueron realizados recientemente y en los periodos de 2018 - 2019 y 2020 – 2021, mediante los monitoreos realizados para el proyecto Ciudad Mayakoba, para conformar la solicitud de las autorizaciones en impacto ambiental y en materia de cambio de uso de suelo ante las instancias correspondientes.

Tabla 4.54. Fauna vertebrada reportada en el informe del proyecto Ciudad Mayakoba en 2011 y periodos del 2018-2019 y 2020-2021, para el proyecto Rotonda, para el Corredor Cancún - Tulum y para Quintana Roo.

Clase	Ciudad Mayakoba 2011	Ciudad Mayakoba 2018-2019	Ciudad Mayakoba 2020-2021	CORAZON CIUDAD MAYAKOBA (actual)	Corredor Cancún-Tulum* 1991	Quintana Roo** 2011
Peces	3	NA	NA	NA	57	128
Anfibios	9	48	105	2	18	22
Reptiles	4	16	62	3	82	106
Aves	2	12	35	11	175	483
Mamíferos	6	17	38	4	59	114
Total	**202**	**95**	**59**	**20**	**391**	**853**

NA: no se realizó muestreo de peces

* López-González, C. A. 1991. Estudio prospectivo de los vertebrados terrestres del corredor turístico Cancún-Tulum, Quintana Roo, México.

***Pozo, C., Armijo Canto, N. y Calmé, S. (editoras). 2011. Riqueza Biológica de Quintana Roo. Un análisis para su conservación, Tomo I. El Colegio de la Frontera Sur, Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, Gobierno del Estado de Quintana Roo y Programa de Pequeñas Donaciones. México, D.F.

Comparando la fauna del proyecto Rotonda, con respecto a la fauna registrada en Ciudad Mayakoba en 2011 (202 especies) es de un 13.36%. Con respecto a Ciudad Mayakoba en 2018-2019 (95 especies) es de 28.42%. Con respecto a Ciudad Mayakoba en 2020-2021 (59 especies) la sobrepasa con 45.76%. Con respecto a la fauna del corredor Cancún- Tulum en 1991 (391 especies) es del 6.90% y. Con respecto a la fauna de Quintana Roo 2011 (853 especies) es del 3.16% %.

En la siguiente Tabla 4.55, se presenta la distribución en la unidad de análisis y Proyecto de las especies con categoría de riesgo de acuerdo a la NOM-059-SEMARNAT-2010.

Tabla 4.55. Distribución en la unidad de análisis y Proyecto de las especies con categoría de riesgo de acuerdo a la NOM-059-SEMARNAT -2010. A = amenazada, Pr = sujeta a protección especial.

Familia	Nombre científico	Nombre común	NOM-059·SEMARNAT-2010	SA	Proyecto
Aves					
Psittacidae	*Amazona albifrons*	Loro frente blanca	Pr No endémica	X	
	Aratinga nana	Perico pecho sucio	Pr No endémica	X	X
Reptiles					
Iguanidae	*Ctenosaura similis*	Iguana rallada	A No endémica	X	
Bataguridae	*Rhinoclemmys areolata*	Tortuga mojina	A No endémica	X	
Kinosternidae	*Kinosternon scorpioides*	Tortuga pochitoque	Pr No endémica	X	
Colubridae	*Leptophis mexicanus*	Culebra verde	A No endémica	X	
Boidae	*Boa imperator**	Boa	Amenzada (A) no endémica	X	X

Sitios de anidación de aves, refugio, alimentación y reproducciones de las especies residentes, en riesgo, endémicas y migratorias

Durante los trabajos de muestreo de la unidad de análisis no se registraron sitios particulares o zonas de anidación, refugio y alimentación de individuos de una especie o de varias especies de aves. Por otra parte, la vegetación ofrece alimento a las especies de fauna (frutos, semillas, insectos, néctar, etc. Pero, tampoco se ha detectado alguna zona o sitio en el área del proyecto o en la unidad de análisis que sobresalga por estos eventos. En todo caso se ha observado que las especies de fauna se alimentan, se refugian y anidan en todo el predio.

Patrones de distribución de las especies de mamíferos, reptiles, anfibios y aves en el SA

No hay un estudio sobre los patrones de distribución de las especies vertebradas en el conjunto predios de proyecto. La fauna registrada en la zona tiene hábitos preferentemente silvestres. Es decir, la mayoría habita en la selva de la zona, pocas especies se avecinan a las zonas urbanizadas. P ej. la iguana rayada (*Ctenosaura similis*), la chara azul (*Cyanocorax yucatanicus*), el abaniquillo pardo (*Anolis sagrei*), etc.

En este sentido la unidad de análisis al cual pertenece el proyecto a sus alrededores aún mantiene vegetación nativa, así como corredores biológicos ubicados estratégicamente dentro del macro proyecto al cual pertenece el mismo por lo que estos sitios naturalmente son donde la fauna se desplazará o transitará una vez que inicien las actividades autorizadas, Las medidas de mitigación y compensación que se pretende seguir para no afectar a la fauna en el proyecto, derivado de las actividades autorizadas se presentan en el capítulo correspondiente garantizando su aplicación.

4.3.2.2.3.1 Caracterización Ambiental de la Fauna en el Proyecto

Listados de fauna de los cuatro grupos de vertebrados superiores (mamíferos, aves, anfibios y reptiles), con sus respectivos datos de abundancia relativa e índices de diversidad para la superficie del área sujeta a cambio de uso de suelo.

Fauna

La selva de Quintana Roo, ha sido de alguna manera modificada en su estructura natural al realizarse el sistema agrícola tradicional de Roza-Tumba-Quema, además del gran número de huracanes e incendios forestales que han impactado a lo largo de todo el estado, durante décadas, a pesar de todo esto, esta vegetación mantiene una diversidad de especies de flora y fauna importantes para el equilibrio ecológico del ecosistema.

4.3.2.2.4. Metodología

Tomando en consideración la ubicación geográfica del predio del proyecto, el índice de ruido por la cercanía de los desarrollos colindantes y la vialidad de acceso, se considera baja la presencia de especies de fauna en general (aves, reptiles, mamíferos y anfibios), por lo que, para conocer el tipo de hábitat y el estado de conservación del mismo, así como las especies consideradas bajo algún estatus contemplado en la NOM-059-SEMARNAT-2010 en el área, se llevó a cabo, el estudio correspondiente para cada grupo:

Figura 4.47. Evidencia fotografica de muestreos de fauna .



- **Avifauna**

Las Aves se muestrearon durante 3 días (del 13 al 15 de agosto de 2025), siguiendo el método de observación directa, realizando recorridos sobre 2 transectos de aproximadamente 300 metros de longitud cada uno y a través de conteos por contacto visual en distancia limitada (Ralph, J & M Scott, 1981). De esta manera, se realizaron los muestreos teniendo como ayuda el uso de binoculares y guías de campo de aves de la región. (Llamosa-Neuman et al., 2008). Las primeras horas de la mañana es cuando se registran la mayor cantidad de aves y al mediodía estos organismos bajan notoriamente su actividad y la reinician al atardecer una vez que las condiciones ambientales son idóneas.

Tabla 4.56. Relación de coordenadas por transectos para el Proyecto.

Transectos	Coordenadas UTM XY		Longitud aproximada de cada transecto
	Inicial	Final	
1	494972 2288249	494733 2288068	300 metros
2	495023 2288280	495277 2288439	300 metros

- **Anfibios y reptiles**

Para el registro de anfibios y reptiles de la zona, se empleó el método de búsqueda generalizada que consiste en recorrer la zona de estudio en un tiempo determinado revisando acumulaciones de hojarasca, troncos, piedras, así como los arbustos de denso follaje del área, teniendo como ayuda el uso de guías de campo de anfibios y reptiles de la región (Calderón-Mandujano et al., 2008). Los muestreos se efectuaron sobre los 2 transectos existentes durante 3 días (del 13 al 15 de agosto de 2025) y se llevó a cabo en dos diferentes horarios con el fin de registrar especies diurnas y nocturnas, los recorridos se efectuaron a partir de las 7:00 a.m. a 9:00 a.m.; y 7:00 p.m. a 9:00 p.m. Los registros se efectuaron por medio de observaciones visuales, búsqueda directa y la utilización de los ganchos herpetológicos. Para el caso de anfibios se incluyó el registro auditivo, ya que estos tienen un canto característico por especie.

- **Mamíferos**

Para el caso de los mamíferos se realizaron recorridos y monitoreos puntuales a lo largo de los 2 transectos durante 3 días (del 13 al 15 de agosto de 2025) y se registraron observaciones directas (animales vistos), escuchados u olidos, así como rastros de los mamíferos como son: huellas, excretas, entre otros. (Gates, 1983). Adicionalmente se instalaron una serie de trampas que fueron las siguientes: 6 Sherman y 2 Tomahawk con la intención de capturar roedores y mamíferos de talla chica y mediana, además de recopilar una amplia información de la fauna existente a través de la entrevista con algunos trabajadores encontrados en las cercanías del proyecto. También se emplearon binoculares, cámara fotográfica y guías de campo ilustradas de mamíferos de la península de Yucatán. De esta manera, se monitorearon para conocer la preferencia de las especies. En el caso de las huellas, estas fueron medidas y comparadas con un manual de identificación (huellas y otros rastros de los mamíferos grandes y medianos de México 2000).

Se contó con GPS Garmin 60 empleando el Datum WGS-84 para documentar la posición geográfica de los diferentes transectos.

Tabla 4.57. Relación de coordenadas UTM de las trampas colocadas en el Proyecto.

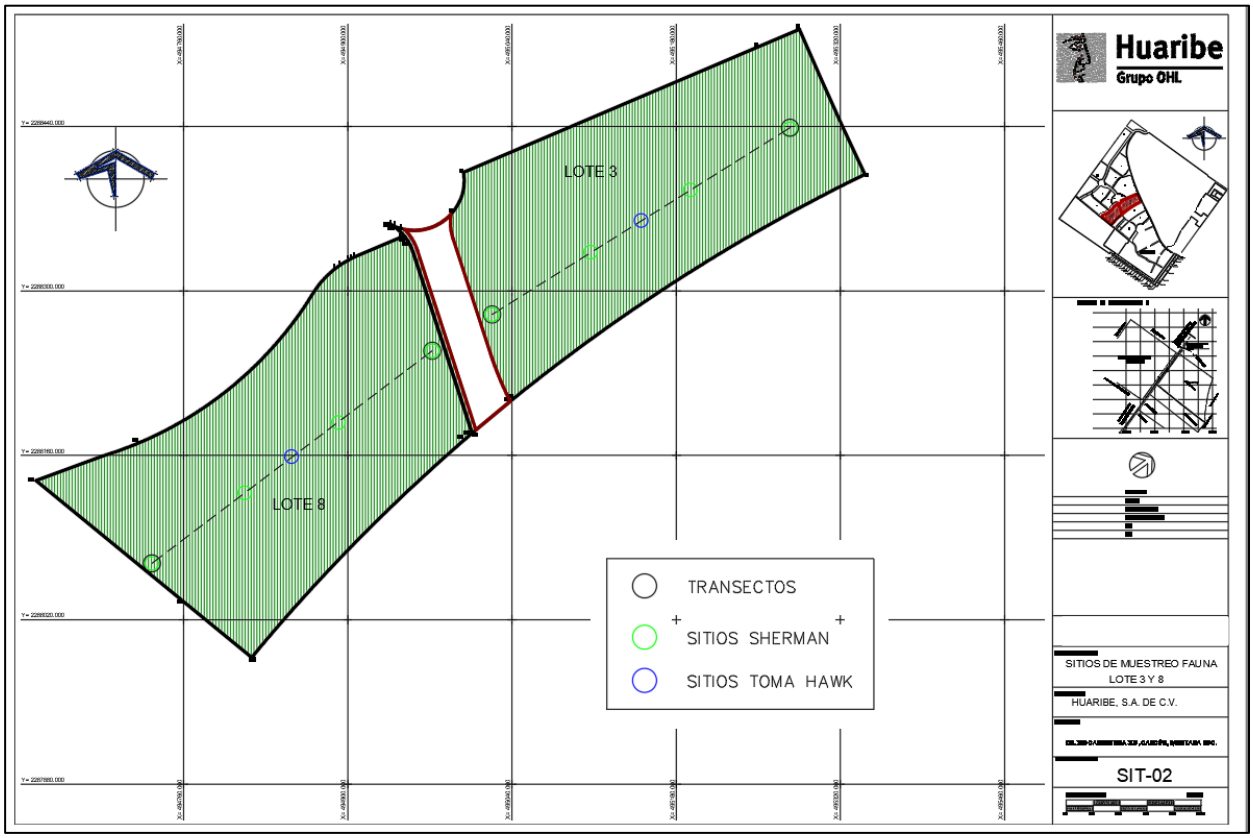
Lote	Ubicación	Coordenadas UTM Sherman		Coordenadas UTM Tomahawk	
		X	Y	X	Y
13	1	494892	2288188	494852	2288159
	2	494812	2288128		
	3	494733	2288068		
32	1	495107	2288333	495150	2288360
	2	495192	2288386		
	3	495277	2288438		

Cámara trampa

Se instaló una trampa o cámara de sensor al movimiento con un mecanismo para obtener una fotografía natural de los posibles individuos que se pudiesen registrar, este método es nuevo e innovador ya que al colocarlas en un lugar específico se deja por 12 horas activadas, que posteriormente se recarga para volver a dejarlas en función. Estas cámaras son de gran ayuda debido a que algunas especies son de difícil observación debido a que huyen a la presencia de personas. Estas trampas se colocan generalmente por la tarde o noche y se levantan al amanecer. Esto llevará a tener un registro con más exactitud de las especies encontradas y poder determinar si es necesaria su captura.

En la siguiente Figura 4.48 se presenta la distribución de los sitios de muestreo de fauna dentro del Proyecto.

Figura 4.48. Distribución de los sitios de muestreo de fauna dentro del Proyecto.



4.3.2.2.5. Resultados

Se registraron 27 especies en total, mayormente representadas por las aves con un 56%, seguido por los mamíferos con un 18%, mientras que los reptiles están representados por 15% y finalmente los anfibios que son un grupo con menor incidencia con un 11%. En la siguiente Tabla 4.58 se presenta el listado faunístico de las especies registradas en el Proyecto.

Tabla 4.58. Lista de especies de fauna registradas en el Proyecto.

Clase	Familia	*Especie*	Nombre común	Proyecto	Total No. ind	NOM 059	Migratoria	Residente
AVES	Momotidae	*Eumomota supersiliosa*	Mot mot	X	1			X
	Psittacidae	*Eupsittula nana*	Perico pecho sucio	X	6	X		X
	Columbidae	*Zenaida asiatica*	Paloma alas blancas	X	5			X
	Corvidae	*Cyanocorax yucatanicus*	Chara azul	X	12			X
	Icteridae	*Icterus auratus*	Bolsero yucateco	X	3			X
	Icteridae	*Quiscalus mexicanus*	Zanate	X	16			X
	Tyrannidae	*Megarynchus pitangua*	Luis pico grueso	X	3			X
	Trochilidae	*Chlorostilbon canivetii*	Colibrí esmeralda	X	2			X
	Tyrannidae	*Tyrannus couchi*	Tirano silvador	X	7			X
	Mimidae	*Minus gilvus*	Cenzontle tropical	X	9			X
	Cathartidae	*Cathartes aura*	Zopilote cabeza roja	X	4			X
	Picidae	*Melanerpes aurifrons*	Carpintero cheje	X	2			X
	Tyrannidae	*Pitangus sulphuratus*	Luis bienteveo	X	4			X
	Cracidae	*Ortalis vetula*	Chachalaca	X	7			X
	Cuculidae	*Crotophaga sulcirostris*	Garrapatero	X	6			X
Total					87			

	Familia	*Especie*	Nombre común	Proyecto	Total, No. ind	NOM 059	Migratoria	Residente
MAMIFEROS	Procyonidae	*Procyon lotor*	Mapache	X	1			X
	Didelphidae	*Didelphis marsupialis*	Tlacuache	X	3			X
	Procyonidae	*Nasua narica*	Tejón	X	9			X
	Sciuridae	*Sciurus yucatanensis*	Ardilla yucateca	X	3			X
	Canidae	*Urocyun cinereoargenteus*	Zorra gris	X	1			X
Total					17			

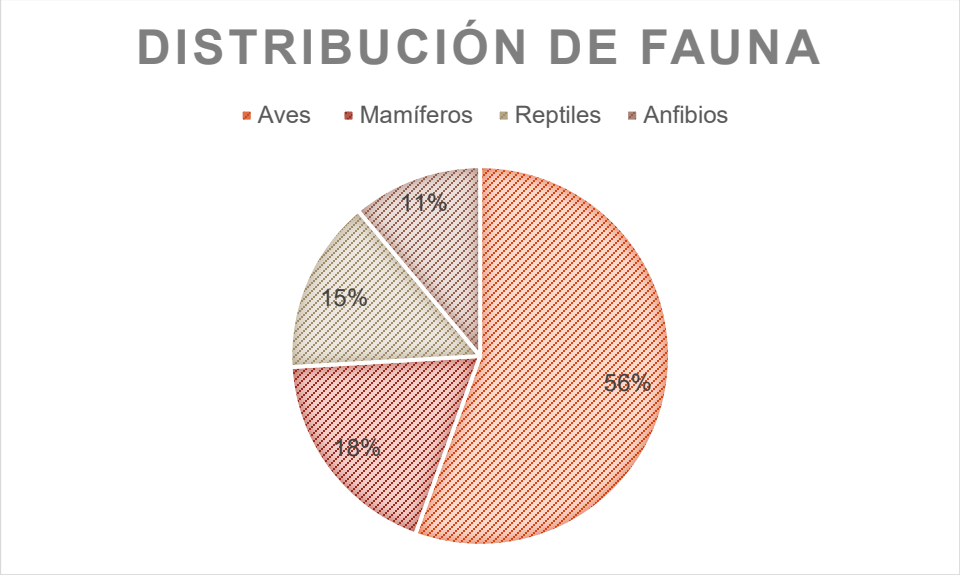
	Familia	*Especie*	Nombre común	Proyecto	Total, No. ind	NOM 059	Migratoria	Residente
REPTILES	Iguanidae	*Ctenosaura similis*	Iguana rayada	X	3	X		X
	Corytophanidae	*Basiliscus vittatus*	Tolock	X	8			X
	Boidae	*Boa imperator*	Boa	X	2	X		X
	Colubridae	*Oxybeles fulgidus*	Bejuquilla	X	1			X
Total					14			

	Familia	Especie	Nombre común	Proyecto	Total, No. ind	NOM 059	Migratoria	Residente
AMFIBIOS	Leptodactylidae	*Leptodactylus melanonotus*	Ranita de hojarasca	X	2			X
	Hylidae	*Smilisca baudinii*	Rana trepadora	X	2			X
	Bufonidae	*Bufonidae"*	Rhinella marina	X	4			X
Total					8			

Tabla 4.59. Composición taxonómica de especies presentes en el Proyecto.

Clase	Familia	Especies	%
Aves	15	12	56
Mamíferos	5	4	18
Reptiles	4	4	15
Anfibios	3	3	11
Total	**27**	**23**	**100**

Figura 4.49. Porcentaje de registros por clase taxonómica.



- **Fauna con estatus especial**

Tabla 4.60. Especies con categoría de riesgo registradas en el Proyecto y su estatus de acuerdo a la NOM-059-SEMARNAT -2010.

Familia	Nombre científico	Nombre común	Categoría de riesgo NOM-059·SEMARNAT-2010
Aves			
Psittacidae	*Eupsittula nana**	Perico pecho sucio	Sujeta a protección especial, no endémica,
Mamíferos			
0	0	*0*	0
Reptiles			
Boidae	*Boa imperator**	Boa	Amenazada, no endémica
Iguanidae	*Ctenosaura similis*	Iguana rayada	Amenazada, no endémica
Anfibios			
0	0	*0*	0

* Nota: de acuerdo a las actualizaciones taxonómicas recientes, estas especies han cambiado sus géneros y en otros casos la especie, sin embargo, siguen siendo las mismas clasificadas de acuerdo a la Norma Oficial ya que esta no se ha actualizado.

- **Sitios de anidación de aves, refugio, alimentación y reproducciones de las especies residentes, en riesgo, endémicas y migratorias**

Durante los trabajos de muestreo del conjunto de predios del proyecto **no se registraron sitios particulares o zonas de anidación**, refugio y alimentación de individuos de una especie o de varias especies de aves. Por otra parte, la vegetación ofrece alimento a las especies de fauna (frutos, semillas, insectos, néctar, etc. Pero, tampoco se ha detectado alguna zona o sitio en el área del proyecto que sobresalga por estos eventos. En todo caso se ha observado que las especies de fauna se alimentan, se refugian y anidan en todo el conjunto de predios.

- **Patrones de distribución de las especies de mamíferos, reptiles, anfibios y aves predio**

No hay un estudio sobre los patrones de distribución de las especies vertebradas en el predio del proyecto. La fauna registrada en la zona tiene hábitos preferentemente silvestres. Es decir, la mayoría habita en la selva de la zona, pocas especies se avecinan a las zonas urbanizadas. P ej. la iguana rayada (*Ctenosaura similis*), la chara yucateca (*Cyanocorax yucatanicus*), el abaniquillo pardo (Anolis sagrei), etc.

En este sentido El proyecto a sus alrededores aún se mantiene vegetación nativa, así como corredores biológicos ubicados estregicamente dentro del macro proyecto al cual pertenece el mismo por lo que estos sitios naturalmente son donde la fauna se desplazará o transitará una vez que inicien las actividades autorizadas, Las medidas de mitigación y compensación que se pretende seguir para no afectar a la fauna en el proyecto, derivado de las actividades autorizadas se presentan en el capítulo correspondiente garantizando su aplicación.

- **Índice de diversidad de Shannon-Weaver y Equitatividad**

Aves

Como se puede apreciar los resultados obtenidos nos indican que el grupo de las aves tiene una diversidad alta (3.604), si se toma en cuenta que arriba de valores de 3 en adelante se considera como una buena, según el criterio del índice de Shannon. Esto es entendible ya que el predio del proyecto se encuentra inmerso en una superficie mayor y por ende las aves tienen espacios por donde desplazarse, de igual manera existe una mayor disposición de alimentos para este grupo. Por otra parte, se menciona que las aves no necesariamente se encuentran en el sitio en forma permanente, si no que varias de ellas atraviesan el predio de forma temporal y que por sí solas se alejan al menor ruido. En cuanto al valor de "J", este es de 0.92 lo que se considera alto y nos indica que hay una alta equitativilidad entre las especies de aves (Tabla 4.61).

Tabla 4.61. Resumen de resultados del análisis de diversidad y equitatividad, para las aves en el Proyecto.

Index	Resultados
Shannon H' Log Base 2.	3.604
Shannon Hmax Log Base 2.	3.907
Shannon J'	0.92

En la siguiente Tabla 4.62 se presenta el listado de aves reportadas para el Proyecto, así como el número de registro por especie.

Tabla 4.62. Lista de especies de aves registradas en el Proyecto y número de individuos registrados por especie.

#	Familia	*N. Científico*	*N. Común*	Total
1	Momotidae	*Eumomota supersiliosa*	Mot mot	1
2	Psittacidae	*Eupsittula nana*	Perico pecho sucio	6
3	Columbidae	*Zenaida asiatica*	Paloma alas blancas	5
4	Corvidae	*Cyanocorax yucatanicus*	Chara azul	12
5	Icteridae	Icterus auratus	Bolsero yucateco	3
6	Icteridae	*Quiscalus mexicanus*	Zanate	16
7	Tyrannidae	*Megarynchus pitangua*	Luis pico grueso	3
8	Trochilidae	*Chlorostilbon canivetii*	Colibrí esmeralda	2
9	Tyrannidae	*Tyrannus couchi*	Tirano silvador	7
10	Mimidae	*Minus gilvus*	Cenzontle tropical	9
11	Cathartidae	*Cathartes aura*	Zopilote cabeza roja	4
12	Picidae	*Melanerpes aurifrons*	Carpintero cheje	2
13	Tyrannidae	*Pitangus sulphuratus*	Luis bienteveo	4
14	Cracidae	*Ortalis vetula*	Chachalaca	7
15	Cuculidae	*Crotophaga sulcirostris*	Garrapatero	6
Total				**87**

Mamíferos

Los resultados obtenidos en este grupo que fue de 1.850 lo que nos indica que se considera el predio con baja diversidad de este grupo y es justificable ya que al momento del muestreo la presencia de personal ocasiona ruido y esto genera que la fauna tienda alejarse de la zona por lo que no es fácil poder observarlos, por otra parte se observó personal trabajando en los alrededores de otros proyectos ya autorizados y esto ocasiona en gran medida que se observen pocas especies, además hay que tomar en cuenta que los mamíferos no necesariamente se encuentran en el sitio en forma permanente, si no que muchos se desplazan de forma temporal en el predio por la constante búsqueda de alimento. En cuanto a su equitatividad se considera alta (0.797) ya que no existe dominancia por alguna especie de este grupo. (Tabla 4.63).

Tabla 4.63. Resumen de resultados del análisis de diversidad y equitatividad, para los mamíferos en el Proyecto.

Index	Resultados
Shannon H' Log Base 2.	1.850
Shannon Hmax Log Base 2.	2.322
Shannon J'	0.797

En la siguiente Tabla 4.64 se presenta el listado de mamíferos reportados para el Proyecto, así como el número de registro por especie.

Tabla 4.64. Lista de especies de mamíferos registrados en el Proyecto y número de individuos registrados por especie.

Número	Nombre científico	Nombre común	Número de registros
1	*Procyon lotor*	Mapache	1
2	*Didelphis marsupialis*	Tlacuache	3
3	*Nasua narica*	Tejón	9
4	*Sciurus yucatanensis*	Ardilla yucateca	3
Total			**17**

Reptiles

El resultado del índice de shannon nos indica que la diversidad de este grupo en el predio es baja (1.611), por lo que el panorama es similar que el anterior, debido al exceso de ruido en el área ocasiona que las especies de este grupo tiendan a huir a zonas aledañas al proyecto. De igual manera el resultado de “J” es de (0.805) lo que nos muestra una equitatividad alta (Tabla 4.65).

Tabla 4.65. Resumen de resultados del análisis de diversidad y equitatividad, para los reptiles en el Proyecto.

Index	Resultados
Shannon H' Log Base 2.	1.611
Shannon Hmax Log Base 2.	2.000
Shannon J'	0.805

En la siguiente Tabla 4.66 se presenta el listado de reptiles reportados para el Proyecto, así como el número de registro por especie.

Tabla 4.66. Lista de especies de reptiles registrados en el Proyecto y número de individuos registrados por especie.

Número	Nombre científico	Nombre común	Número de registros
1	*Ctenosaura similis*	Iguana rayada	3
2	*Basiliscus vittatus*	Tolock	8
3	*Boa imperator*	Boa	2
4	*Oxybeles fulgidus*	Bejuquilla	1
Total			**14**

Anfibios

Los resultados obtenidos en este grupo que fue de 1.500 lo que nos indica que se considera la zona como de baja diversidad de especies de este grupo y es razonable, ya que los anfibios no siempre pueden observarse a simple vista, además de que actualmente no se cuenta en el área con acumulación de cuerpos de agua, ambientes idóneos para el ciclo reproductivo del grupo. Otro factor es la presencia de personal que ocasiona ruido y esto genera que los anfibios tiendan alejarse de la zona. En cuanto a su equitatividad se considera alta (0.946) ya que las pocas especies tienden a la homogeneidad y no existe dominancia de una especie en el área (Tabla 4.67).

Tabla 4.67. Resumen de resultados del análisis de diversidad y equitatividad, para los anfibios en el Proyecto.

Index	Resultados
Shannon H' Log Base 2.	1.500
Shannon Hmax Log Base 2.	1.582
Shannon J'	0.946

En la siguiente Tabla 4.68 se presenta el listado de anfibios reportados para el Proyecto, así como el número de registro por especie.

Tabla 4.68. Lista de especies de anfibios registrados en el Proyecto y número de individuos registrados por especie.

Número	Nombre científico	Nombre común	Número de registros
1	*Leptodactylus melanonotus*	Ranita de hojarasca	2
2	*Smilisca baudinii*	Rana trepadora	2
3	*Rhinella marina*	Sapo marino	4
Total			**8**

- **Abundancia relativa**

Los valores de abundancia relativa por grupo de fauna se muestran en las Tablas siguientes, en la que se han incluido a todos los grupos de fauna silvestre observados en el conjunto de predios de interés.

Aves

Las abundancias relativas de las especies de aves no son homogéneas, siendo las siguientes especies con más alto valor el Zanate (*Quiscalus mexicanus*) con un valor de 18.391 seguido por la Chara azul (*Cyanocorax yucatanicus*) con 13.793 y en tercer lugar se ubica el Cenzontle tropical (*Minus gilvus*), con 10.345 (Tabla 4.69).

Tabla 4.69. Valores de abundancia relativa por especie de ave registrada en el Proyecto.

Número	Nombre científico	Nombre común	Abundancia relativa
1	*Eumomota supersiliosa*	Mot mot	1.149
2	*Eupsittula nana*	Perico pecho sucio	6.897
3	*Zenaida asiatica*	Paloma alas blanca	5.747
4	*Cyanocorax yucatanicus*	Chara azul	**13.793**
5	*Icterus auratus*	Bolsero yucateco	3.448
6	*Quiscalus mexicanus*	Zanate	**18.391**
7	*Megarynchus pitangua*	Luis pico grueso	3.448
8	*Chlorostilbon canivetii*	Colibrí esmeralda	2.299
9	*Tyrannus couchi*	Tirano silvador	8.046
10	*Minus gilvus*	Cenzontle tropical	**10.345**
11	*Cathartes aura*	Zopilote cabeza roja	4.598
12	*Melanerpes aurifrons*	Carpintero cheje	2.299
13	*Pitangus sulphuratus*	Luis bienteveo	4.598
14	*Ortalis vetula*	Chachalaca	8.046
15	*Crotophaga sulcirostris*	Garrapatero	6.897
Total			**100**

Mamíferos

En el caso de los mamíferos se observa que la única especie con un valor alto comparativamente con las demás fue el Tejón (*Nasua narica*) con el 52.941 seguido por el Tlacuache (*Didelphis marsupialis*) con 17.647 y finalmente la Ardilla yucateca (*Sciurus yucatanensis*) con una abundancia similar de 17.647 respectivamente. Estas especies se adaptan bien a la presencia humana y en algunos casos cuando no son molestados o desplazados por el ruido, sus poblaciones se incrementan rápidamente en el área, llegando a ser una molestia. (Tabla 4.70).

Tabla 4.70. Valores de abundancia relativa por especie de mamífero registrado en el Proyecto.

Número	Nombre científico	Nombre común	Abundancia relativa
1	*Procyon lotor*	Mapache	5.882
2	*Didelphis marsupialis*	Tlacuache	**17.647**
3	*Nasua narica*	Tejón	**52.941**
4	*Sciurus yucatanensis*	Ardilla yucateca	**17.647**
5	*Urocyun cinereoargenteus*	Zorra gris	5.882
Total			**100**

Reptiles

El grupo de los reptiles es muy difícil de observar a simple vista y esto dificulta obtener datos de un gran número de estos, por otra parte, dada a las altas temperaturas son pocos los individuos que pueden estar a cualquier hora del día, a pesar de ser un grupo de sangre fría. Su metabolismo se acelera o disminuye conforme a la temperatura de su entorno y por eso se desplazan lentamente cuando hace frío y más rápido se mueven cuando hace calor, evitando su avistamiento. En relación a la abundancia relativa se puede ver al Tolok (*Basiliscus vittatus*) cuya especie es la más abundante con un valor de 57.143, en comparación con la iguana rayada (*Ctenosaura similis*) con 21.429 respectiva y finalmente la Boa (Boa imperator) con 14.286. (Tabla 4.71).

Tabla 4.71. Valores de abundancia relativa por especie de reptil registrado en el Proyecto.

Número	Nombre científico	Nombre común	Abundancia relativa
1	*Ctenosaura similis*	Iguana rayada	21.429
2	*Basiliscus vittatus*	Tolock	57.143
3	*Boa imperator*	Boa	14.286
4	*Oxybeles fulgidus*	Bejuquilla	7.143
Total			**100**

Anfibios

El grupo de los anfibios es aún más difícil de observar a simple vista y esto dificulta obtener datos de un gran número de los mismos, por otra parte, dada a las altas temperaturas son pocos los individuos que pueden estar a cualquier hora del día. En relación con la abundancia relativa se puede ver a el Sapo marino (*Rhinella marina)* con 50, seguido por la Ranita de hojarasca (*Leptodactylus melanonotus*) con 25 y Rana trepadora (*Smilisca baudinii*) con 25 respectivamente (Tabla 4.72).

Tabla 4.72. Valores de abundancia relativa por especie de anfibio registrado en el Proyecto.

Número	Nombre científico	Nombre común	Abundancia relativa
1	*Leptodactylus melanonotus*	Ranita de hojarasca	25
2	*Smilisca baudinii*	Rana trepadora	25
3	*Rhinella marina*	Sapo marino	50
Total			**100**

4.3.3. Medio Socioeconómico

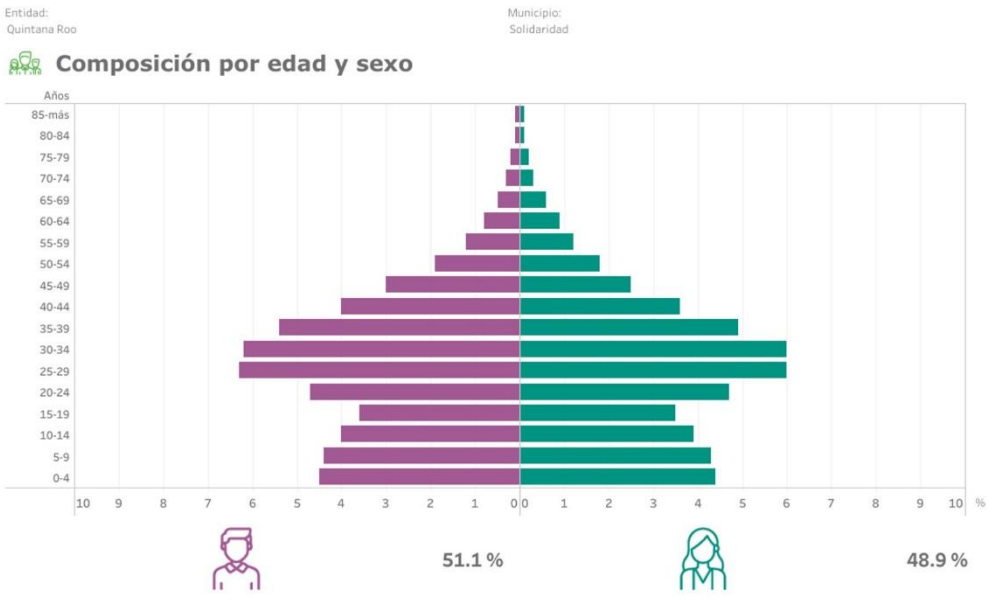
4.3.3.1. Localización Regional

El municipio de Solidaridad es uno de los 11 municipios que integran el estado de Quintana Roo. Cuenta con una extensión de 2 014.9 km^2, lo que representa el 4.5% de la superficie del Estado. Entre las principales localidades, para el municipio, se encuentra Playa del Carmen, que representa su cabecera municipal, el SA y el Proyecto se localizan al norponiente de este centro urbano.

4.3.3.2. Composición de la Estructura Poblacional

De acuerdo con los resultados del censo de población y vivienda realizado por el INEGI en 2020, el municipio cuenta con una población total de 333 800 personas, que representan el 18.0% de la población estatal. La población total se encuentra estructurada por 163 324 hombres (48.9%) y 170 476 mujeres (51.1%) (Figura 4.50). La relación de hombres-mujeres es de 104 hombres por cada 100 mujeres. La mitad de la población cuenta con 28 años o menos. Existen 38 personas en edad de dependencia por cada 100 en edad productiva (INEGI, 2020, recuperado de https://censo2020.mx/home.html).

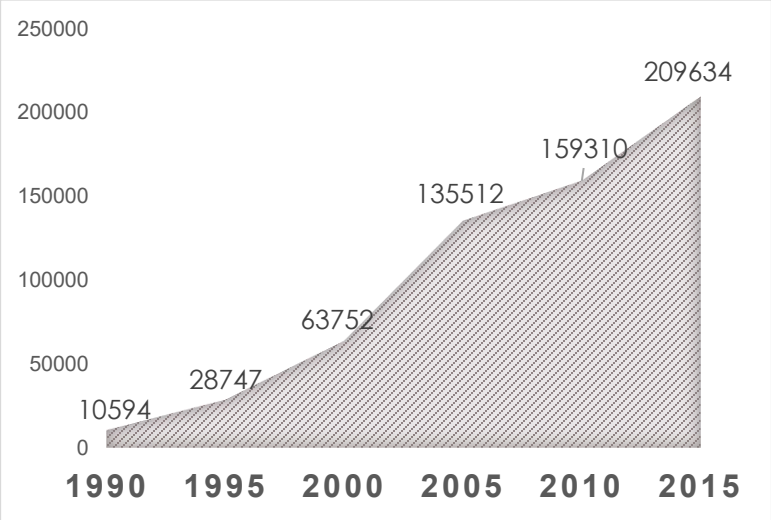
Figura 4.50. Composición por edad y sexo, municipio de Solidaridad.



4.3.3.3. Crecimiento Demográfico

El municipio de Solidaridad, es junto con los municipios de Benito Juárez y Tulum, los de mayor crecimiento demográfico en el país, el principal motivo es la inmigración de población atraída por la oferta de empleo y desarrollo económico propiciado por el turismo que es la actividad económica básica (SECTUR, et al, 2013). Los registros indican que este crecimiento ha sido exponencial, pasando de 10 594 habitantes en 1990 a 209 634 personas para 2015 (Figura 4.51), lo que significa que la población incremento aproximadamente 19 veces más, en 25 años.

Figura 4.51. Crecimiento de la población en Solidaridad 1990 – 2015 (INEGI, 2016).



De acuerdo al Consejo Estatal de Población (COESPO), la población del municipio de Solidaridad seguirá creciendo de manera acelerada, estimando que para finales del 2025 habrá aproximadamente 331,150 habitantes, equivalente a un crecimiento de 35%, lo que quiere decir que uno de cada cuatro nuevos habitantes, de este año, en el estado de Quintana Roo, será un residente del municipio de Solidaridad.

4.3.3.4. Distribución y Densidad Poblacional

La densidad de población del municipio de Solidaridad es de 150.76 hab/km^2; sin embargo, este valor es relativo ya que, en la cabecera municipal Playa del Carmen se concentra aproximadamente el 91.5% de la población, provocando concentraciones altas de población en las zonas urbanas (Tabla 4.73).

Tabla 4.73. Comparativa de la población total registrada en Quintana Roo, Solidaridad y Playa del Carmen.

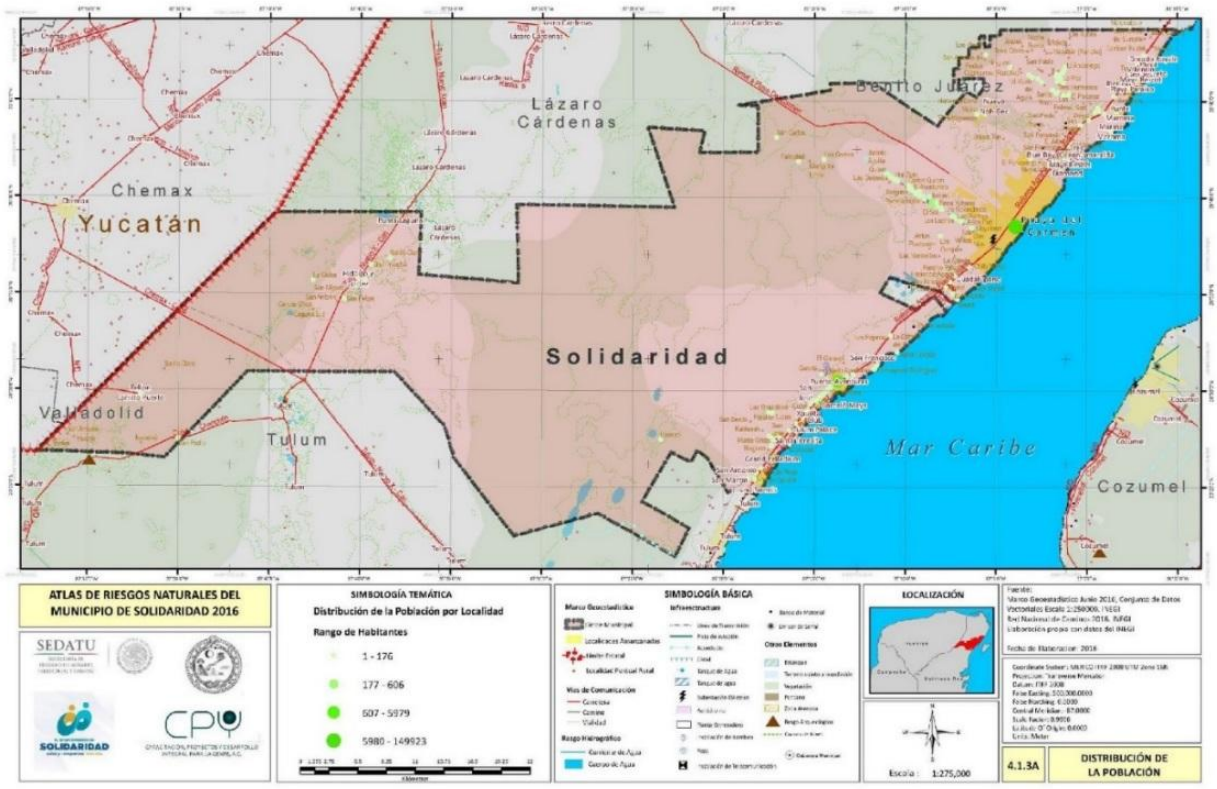
	Quintana Roo	Solidaridad	Playa del Carmen
Habitantes	1 857 985	333 800	304 942

La distribución de los habitantes en Solidaridad se concentra de manera desigual, ya que existen localidades con mucha población, como es el caso de Playa del Carmen y Puerto aventuras (Tabla 4.74 y Figura 4.52).

Tabla 4.74. Densidad de población para el municipio de Solidaridad.

Total de localidades:	**136**
Localidades con mayor población:	
Playa del Carmen	304 942
Puerto Aventuras	22 878

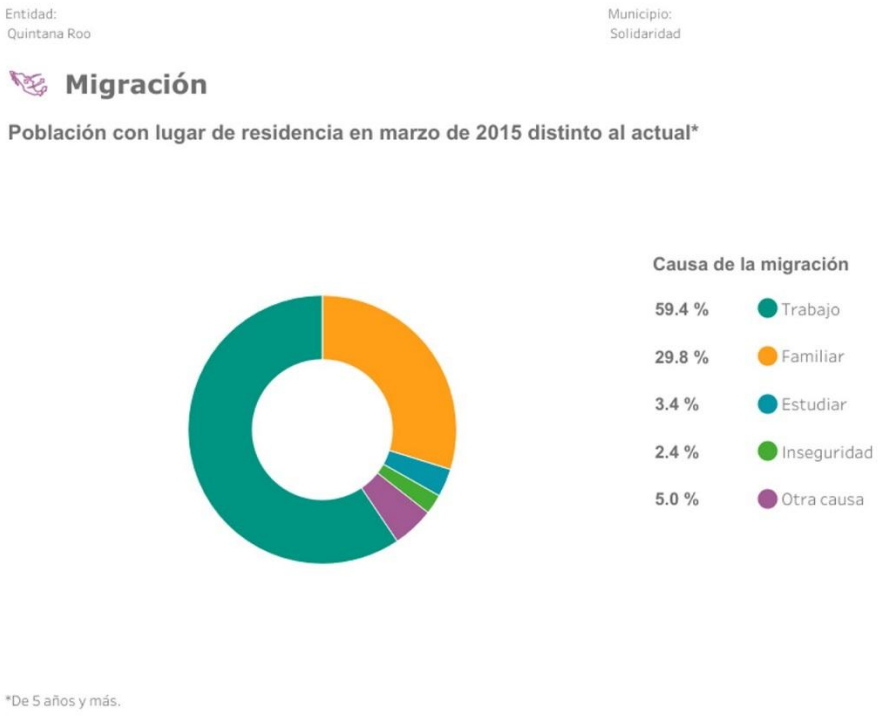
Figura 4.52. Distribución de la población por localidad.



4.3.3.5. Migración

La migración se considera uno de los factores que afectan la dinámica de crecimiento y composición por sexo y edad de la población. Con la información sobre el lugar de nacimiento, para la población que residía en Solidaridad, que era originaria de Solidaridad, la componían 108 394 habitantes, 32.42% de la población total. Mientras que la población residente en el municipio nacida en una entidad distinta la integraban 203 908 personas, 61.08% de la población total. Las estadísticas señalan como principal causa de migración el trabajo y familiar, estimándose en un 58.8% para el primero y 29.8% para el segundo. En la siguiente Figura 4.53 se presentan los porcentajes de causa de migración a detalle.

Figura 4.53. Causa de migración al municipio de Solidaridad.



4.3.3.6. Vivienda y Urbanización

El municipio de Solidaridad registra un total de 110 763 viviendas particulares ocupadas, de las cuales el 91.7% cuentan con agua entubada, 96.0% con drenaje, 96.3% con servicio sanitario, 95.4% con energía eléctrica, 92.0% con tinaco y 23.6% con cisterna o aljibe (Figura 4.54). El promedio de ocupantes por vivienda se estima en 3.0 y el promedio de ocupantes por cuarto en 1.2.

Figura 4.54. Disponibilidad de servicios y equipamiento.



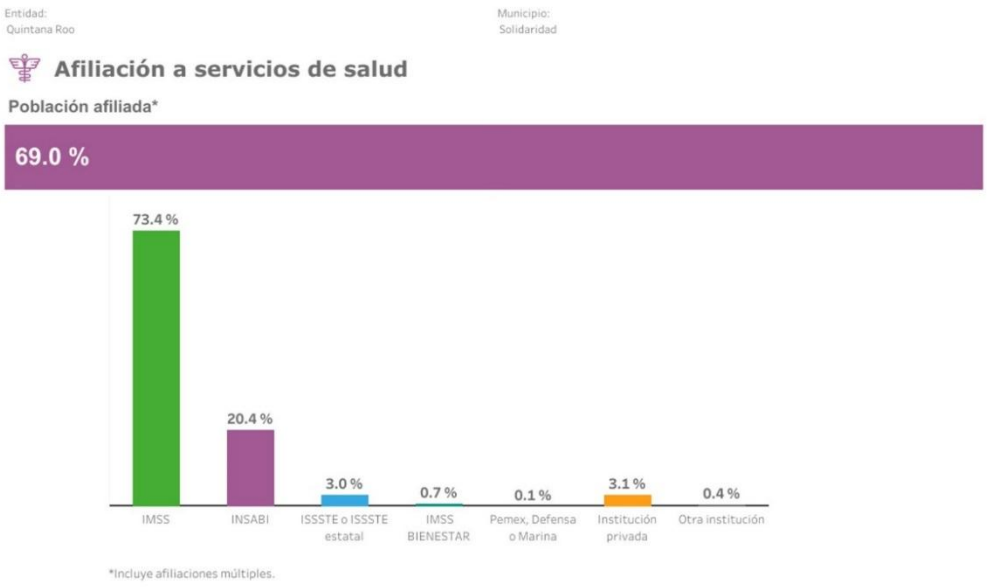
La principal fuente de abastecimiento de agua para el municipio son los pozos profundos de los que se registran un total de 669. El volumen promedio diario de extracción es de 676 mil metros cúbicos. En cuanto a la energía eléctrica se cuenta con 126 516 tomas instaladas, de las cuales 112 015 corresponden a domiciliarias (domésticas, industriales y de servicios) y 501 a no domiciliarias (agrícolas, alumbrado público y bombeo de aguas potables y negras) (INEGI, 2017).

En cuanto a vías de comunicación, respecto a longitud de la red carreta según tipo de camino, el municipio cuenta 56 km de carretera troncal federal y 30 km de carreteras secundarias pavimentadas (INEGI, 2017).

4.3.3.7. Salud y Seguridad Social

Respecto a salud el porcentaje de población afiliada a servicios de salud el municipio de Solidaridad cuenta con un 69.00% de personas afiliadas a servicios de salud y 27.53% no afiliadas. La condición de afiliación se registra de la siguiente manera: 73.4% están afiliados al Instituto Mexicano del Seguro Social (IMSS), 20.4% al Instituto de Saludo para el Bienestar (INSABI), EL 3.0% al Instituto de Seguridad y Servicios Sociales de los Trabajadores del Estado (ISSSTE), 0.7% al Instituto Mexicano del Seguro Social Bienestar (IMSS Bienestar), 0.1% a Petróleos Mexicanos (PEMEX), el 3.1% a institución privada y el 0.4% a otra institución (Figura 4.55).

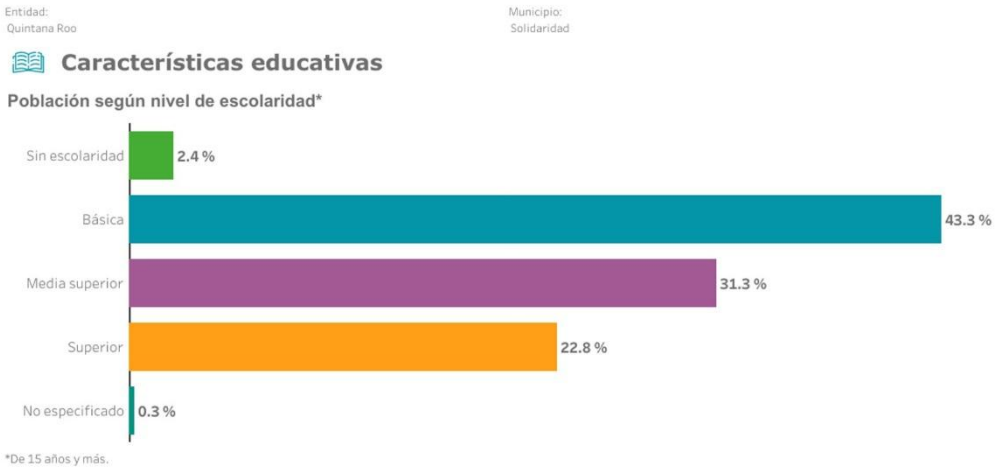
Figura 4.55. Afiliación a los servicios de salud para el municipio de Solidaridad.



4.3.3.8. Educación

De acuerdo con los resultados obtenidos del censo de 2020 del INEGI, en cuanto población de 15 años y más, según nivel de escolaridad, el 22.8% cuenta con el nivel superior de educación, el 31.3% con el nivel medio superior, el 43.3% con el nivel básico, el 2.4% sin escolaridad y el 0.3% no fue especificado (Figura 4.56). En cuanto a la tasa de alfabetización el 98.9% de la población de 15 a 24 años cuentan con la aptitud para leer y escribir, y el 97.7% de la población de 25 años y más, cuentan con la aptitud para leer y escribir. Hasta 2016, el municipio contaba con 95 planteles, 884 aulas, 4 bibliotecas, 35 laboratorios y 46 talleres (INEGI, 2017).

Figura 4.56. Población de 15 años y más, según nivel de escolaridad.



4.3.3.9. Aspectos Económicos

4.3.3.9.1. Población Económicamente Activa y Ocupada

Geográficamente, 87.2% del total de las unidades económicas para Quintana Roo se concentra en cuatro municipios, Benito Juárez, Othón P. Blanco, Cozumel y Solidaridad. En conjunto estos municipios aportaron el 93.8% de la producción bruta total para el estado, Solidaridad contribuyó con el 24.6% (INEGI, 2017).

En el municipio de Solidaridad, entre 2010 y 2020, la población de 12 años y más pasó de 119 352 a 255 166 personas, de las cuales 73.8% conforman la población económicamente activa, y el 25.8% se identifica como población no económicamente activa (Figura 4.57 y Figura 4.58). En cuanto a la población ocupada de 12 años y más, esta representa el 72.47%, mientras que el 1.36% se define como desocupada.

Figura 4.57. Población de 12 años y más económicamente activa (PEA).

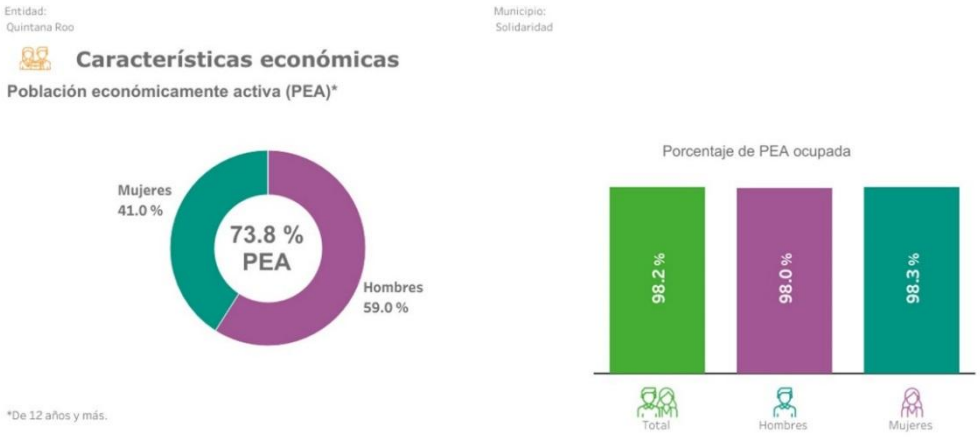
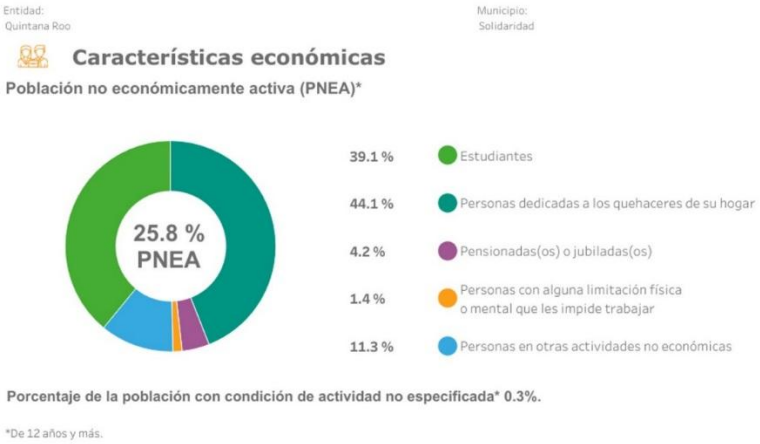


Figura 4.58. Población no económicamente activa (PNEA).



4.3.3.9.2. Población Económicamente Activa en las Principales Localidades

De acuerdo al Censo de Población y Vivienda del INEGI, para el 2020, Playa del Carmen, cabecera municipal de Solidaridad, registró una población de 12 años y más económicamente activa de 172 619, lo que representó, para ese año, el 74.00% de personas para la localidad. La población masculina económicamente activa fue estimada en 101 450 personas y la femenina en 77 201. La población no económicamente activa fue estimada en 65 912 habitantes.

Tanto la economía de Playa del Carmen como la del municipio y estado, está influida en buena medida por la dinámica del sector turístico. En Playa del Carmen se concentran cuatro quintas partes de la actividad económica del municipio. Los sectores que más aportaron a la economía del Playa del Carmen en el 2014, fueron el sector turismo (hotelero y preparación de alimentos y bebidas) y el comercio (Herrera, s.f.).

4.3.3.9.3. Turismo

La principal actividad económica del estado y del municipio es el turismo; en el 2019 la aportación del producto interno bruto estatal al sector terciario fue de 87.86% (Gobierno del Estado de Quintana Roo, s.f., recuperado de: https://qroo.gob.mx/idefin/indicadores-economicos/).

A nivel estatal, Solidaridad cuenta con el mayor número de hoteles (221) y cuartos (37 203). La infraestructura hotelera con que cuenta el municipio representa el 30.31% de los hoteles y 39.43% de los cuartos disponibles en el estado (Tabla 4.75).

Tabla 4.75. Infraestructura hotelera en Quintana Roo, por municipio (INEGI, 2017).

Municipio	Hotel		Cuartos	
	Número	%	Número	%
Bacalar	21	2.88065844	336	0.35619256
Benito Juárez	187	25.6515775	35549	37.6853844
Cozumel	49	6.72153635	3704	3.92659889
Felipe Carrillo Puerto	10	1.37174211	167	0.17703618
Isla Mujeres	39	5.34979424	3486	3.69549777
José María Morelos	6	0.82304527	41	0.04346397
Lázaro Cárdenas	29	3.97805213	547	0.579873
Othón P. Blanco	82	11.2482853	2510	2.6608432
Puerto Morelos	25	3.42935528	5052	5.3556095
Solidaridad	221	30.3155007	37203	39.4387847
Tulum	60	8.23045267	5736	6.08071578
Estatal	**729**	**100**	**94331**	**100**

En cuanto a ocupación hotelera, por centro turístico, Playa del Carmen y Playacar, ambos centros del municipio de Solidaridad, registran la llegada de 57 625 turistas residentes del país y 1 483 689 turistas no residentes en el país. El porcentaje de ocupación hotelera es de 85.6% para Playacar, con una estadía promedio de 6.3 noches por turista no residente en el país y de 4.1 noche por turista residente en el país, y 75.7% de ocupación para Playa del Carmen, con un promedio de estadía de 4.8 noches por turista no residente en el país y de 3.0 noche por turista residente en el país (INEGI, 2017).

4.3.4. Paisaje

El concepto de paisaje contiene intrínsecamente, un componente visual y, por tanto, una dimensión perceptiva, aspecto que constituye un paso inicial para llegar a su entendimiento y explicación. El primer peldaño del estudio del paisaje sería la descripción de lo que se ve, dando lugar en un segundo peldaño a la interpretación y explicación. Así el paisaje puede considerarse definido por el entorno visual del punto de observación y caracterizado por lo elementos que pueden ser percibidos visualmente por el hombre (relieve, tipo y estructura de las formaciones vegetales, etc.) (García Ramón, 1981; citado por Martínez, et al., 2003).

De acuerdo a lo anterior, el paisaje en este apartado, es un elemento de análisis entendido desde su enfoque visual-perceptivo y para su valoración fueron evaluados tres componentes: La calidad visual, la fragilidad visual y la capacidad de absorción visual del paisaje.

- **Metodología**

Calidad visual

La calidad visual del paisaje fue determinada mediante el método propuesto por Bureau of Land Managemente (BML) de U.S.A. (1980), basado en el análisis de las categorías estéticas del terreno, este método lleva aplicándose largo tiempo en la planificación territorial. En la determinación de la fragilidad visual[14] y la capacidad de absorción visual del paisaje[15], se utilizó una adaptación de los métodos propuestos por Escribano et al. (1987) y la técnica basada en la metodología de Yeomans (1986), respectivamente. Para el análisis de los tres componentes se optó por realizar una evaluación conjunta del área del Proyecto, por considerar que las variables evaluadas poseen valores similares si está se dividiera en varias unidades de estudio, siendo posible encontrar un resultado global que represente a toda el área.

Los criterios de valoración de la calidad escénica aplicados por BML se presentan en la Tabla 4.76 y la clasificación de áreas de acuerdo a su calidad visual según la suma total de puntos obtenida de la valoración de los criterios se presenta en la siguiente tabla.

Tabla 4.76. Criterios de valoración para la calidad escénica del paisaje.

Componente	Criterios de Valoración y Puntuación		
Morfología	Relieve muy montañoso, marcado y prominente (acantilados, agujas, grandes formaciones rocosas); o bien relieve de gran variedad superficial o muy erosionado, o sistemas de dunas, o bien presencia de algún rasgo muy singular y dominantes	Formas erosivas interesantes o relieve variado en tamaño y forma. Presencia de formas y detalles interesantes, pero no dominantes o excepcionales	Colinas suaves, fondos de valle planos, pocos o ningún detalle singular
Puntuación	5	3	1
Vegetación	Gran variedad de tipos de vegetación, con formas, texturas y distribución interesantes	Alguna variedad en la vegetación, pero solo uno o dos tipos	Poca o ninguna variedad o contraste en la vegetación

[14] Susceptibilidad que tiene el paisaje al cambio cuando se desarrolla un uso sobre él… (Cienfuentes, 1979).
[15] Aptitud que tiene un paisaje de absorber visualmente modificaciones o alteraciones sin detrimento de su calidad visual (Montoya et al., 1999).

Componente	Criterios de Valoración y Puntuación		
Puntuación	5	3	1
Color	Combinaciones de color intensas y variadas o contrastes agradables entre suelo, vegetación, roca y agua	Alguna variedad e intensidad en los colores y contrastes, pero no actúa como elemento dominante	Muy poca variación de color o contraste, colores apagados
Puntuación	5	3	1
Cuerpos de agua	Factor dominante en el paisaje, limpia y clara, aguas blancas (rápidos y cascadas) o láminas de agua en reposo	Agua en movimiento o reposo, pero no dominante en el paisaje	Ausente o inapreciable
Puntuación	5	3	0
Fondo escénico	El paisaje circundante potencia mucho la calidad visual	El paisaje circundante incrementa moderadamente la calidad visual en el conjunto	El paisaje adyacente no ejerce influencia en la calidad del conjunto
Puntuación	5	3	0
Singularidad o rareza	Único o poco corriente o muy raro en la región, posibilidad de contemplar fauna y vegetación excepcional	Característico, aunque similar a otros en la región	Bastante común en la región
Puntuación	6	2	1
Actuaciones humanas	Libre de actuaciones estéticamente no deseadas o con modificaciones que inciden favorablemente en la calidad visual	La calidad escénica está afectada por modificaciones poco armoniosas, aunque no en su totalidad, o las actuaciones no añaden calidad visual	Modificaciones intensas y extensas que reducen o anulan la calidad escénica
Puntuación	2	0	0

Tabla 4.77. Clasificación de áreas de acuerdo a su calidad visual.

Clase	Descripción	Puntaje
Clase A	Áreas de calidad alta, áreas con rasgos singulares y sobresalientes.	19 a 33
Clase B	Áreas de calidad media, áreas cuyos rasgos poseen variedad en la forma, color y línea, pero que resultan comunes en la región estudiada y no son excepcionales.	12 a 18
Clase C	Áreas de calidad baja, áreas con muy poca variedad en la forma, color, línea y textura.	0 a 11

Fragilidad visual

Los criterios de valoración de la fragilidad visual aplicados por Escribano se presentan en la Tabla 4.78 los intervalos de valores de calificación y la connotación para la fragilidad visual se presentan en la Tabla 4.79.

Tabla 4.78. Criterios para la evaluación de la fragilidad visual del paisaje.

Factores	Elementos	Fragilidad		
		Alta	Media	Baja
Biofísico	Pendientes	Pendientes de más de 30%, terrenos con un dominio del plano vertical de visualización.	Pendientes entre 15 y 30%, y terrenos con modelado suave u ondulado.	Pendientes entre 0 y 15%, plano horizontal de dominancia.
	Puntuación	5	3	1
	Densidad vegetación	Grandes espacios sin vegetación. Agrupaciones aisladas.	Cubierta vegetal discontinua. Dominancia de estrata arbustiva.	Grandes masas boscosas. 100% de cobertura.

Factores	Elementos	Fragilidad		
		Alta	Media	Baja
		Dominancia estrata herbácea.		
	Puntuación	5	3	1
	Contraste vegetación	Vegetación monoespecífica, escasez vegetacional, contrastes poco evidentes.	Mediana diversidad de especies, con contrastes evidentes, pero no sobresalientes.	Alta diversidad de especies, fuertes e interesantes contrastes.
	Puntuación	5	3	1
	Alturas de la vegetación	Vegetación arbustiva o herbácea, no sobrepasa los 2 m de altura o Sin vegetación.	No hay gran altura de las masas (< 10 m), ni gran diversidad de estratos.	Gran diversidad de estratos. Alturas sobre los 10 m.
	Puntuación	5	3	1
Visualización	Tamaño de la cuenca visual	Visión de carácter cercana o próxima (0 a 500 m). Dominio de los primeros planos.	Visión media (500 a 2000 m), dominio de los planos medios de visualización.	Visión de carácter lejano o a zonas distantes (>2000 m)
	Puntuación	5	3	1
	Forma de la cuenca visual	Cuencas alargadas, generalmente unidireccionales en el flujo visual o muy restringida.	Cuencas irregulares, mezcla de ambas categorías.	Cuencas regulares extensas, generalmente redondeadas.
	Puntuación	5	3	1
	Compacidad	Vistas panorámicas abiertas. El paisaje no presenta huecos, ni elementos que obstruyan los rayos visuales.	El paisaje presenta zonas de menor incidencia visual, pero en un porcentaje moderado.	Vistas cerradas u obstaculizadas. Presencia constante de zonas de sombra o menor incidencia visual.
	Puntuación	5	3	1
Singularidad	Unicidad del paisaje	Paisaje singular, notable, con riqueza de elementos únicos y distintivos.	Paisaje interesante pero habitual, sin presencia de elementos singulares.	Paisaje común, sin riqueza visual o muy alterado.
	Puntuación	5	3	1
Accesibilidad	Visual	Percepción visual alta, visible a distancia y sin mayor restricción.	Visibilidad media, ocasional, combinación de ambos niveles.	Baja accesibilidad visual vistas escasas o breves.
	Puntuación	5	3	1
	Física	Localizado a corta distancia de carretera, caminos locales, poblados o zona habitadas.	Localizado en zona con caminos secundarios, poco transitados.	Localizado en predio privado con acceso restringido, zonas sin caminos públicos.
	Puntuación	5	3	1

Tabla 4.79. Clasificación de la fragilidad visual.

Clasificación	Connotación visual del área	Puntaje
Fragilidad visual alta	Área sensible frente a intervenciones, con nula o mínima capacidad para absorber impactos	34 - 45
Fragilidad visual media	Área medianamente sensible frente a intervenciones. Capacidad media de absorción de impactos	21 – 33
Fragilidad visual baja	Área capaz de absorber impactos visuales, dada su composición u organización. La incorporación de nuevos elementos no alteraría significativamente las características del área	9 - 20

Capacidad de absorción visual

La valoración de la capacidad de absorción visual del paisaje se realiza a través de factores de los medios físico y biótico, los que se cualifican y combinan en la siguiente expresión:

$$CAV = P * (E + R + D + C + V)$$

Donde:

P = Pendiente.
E = Erosionabilidad capacidad de regeneración de la vegetación.
R = Potencial estético.
D = Diversidad de la vegetación.
C = Contraste de color de suelo roca.
V = Actuación humana.

La escala de referencia para la evaluación se muestra en la Tabla 4.80 y los puntajes asignados a cada condición para la valoración de la capacidad de absorción visual se presentan en la Tabla 4.81.

Tabla 4.80. Factores del paisaje determinantes de su capacidad de absorción visual.

Factor	Condiciones	Puntajes	
		Nominal	Numérico
Pendiente (P)	Inclinado (pendiente >55%)	Bajo	1
	Inclinación suave (25–55% de pendiente)	Moderado	2
	Poco inclinado (0-25% de pendiente)	Alto	3
Diversidad de vegetación (D)	Eriales, prados y matorrales	Bajo	1
	Coníferas, repoblaciones	Moderado	2
	Diversificada (mezcla de claros y bosques)	Alto	3
Estabilidad del suelo y erosionabilidad (E)	Restricción alta derivada de riesgos alto de erosión e inestabilidad, pobre regeneración potencial	Bajo	1
	Restricción moderada debido a ciertos riesgos de erosión e inestabilidad y regeneración potencial	Moderado	2
	Poca restricción por riesgo bajos de erosión e inestabilidad y buena regeneración potencial	Alto	3
Potencial estético (R)	Potencial bajo	Bajo	1
	Potencial moderado	Moderado	2
	Potencial alto	Alto	3
Actuación humana (V)	Fuerte presencia antrópica	Alto	3
	Presencia moderada	Moderado	2
	Casi imperceptible	Bajo	1
Contrastes de color (C)	Elementos de bajo contraste	Bajo	1
	Contraste visual moderado	Moderado	2
	Contraste visual alto	Alto	3

Tabla 4.81. Escala de referencia para la determinación de la capacidad de absorción visual.

Nominal	Numérico
Bajo	<15
Moderado	15-30
Alto	> 30

- **Evaluación**

Utilizando la metodología descrita previamente a continuación se presentan las tablas de calidad visual (Tabla 4.82), fragilidad visual (Tabla 4.83) y capacidad de absorción visual (Tabla 4.84) correspondientes al paisaje en el SA del Proyecto, de acuerdo al análisis realizado.

Tabla 4.82. Evaluación de la calidad visual.

Componente valorado	Puntuación
Morfología	1
Vegetación	5
Color	3
Cuerpos de agua	0
Fondo escénico	3
Singularidad o rareza	1
Actuaciones humanas	0
Valor de calidad visual	**13**

Tabla 4.83. Evaluación de la fragilidad visual.

Elemento valorado	Puntuación
Pendientes	1
Densidad vegetación	3
Contraste vegetación	3
Alturas vegetación	3
Tamaño de la cuenca visual	3
Forma de la cuenca visual	3
Compacidad	3
Unicidad del paisaje	3
Accesibilidad visual	3
Accesibilidad física	1
Valor de fragilidad visual	**26**

Tabla 4.84. Capacidad de absorción visual.

Factor valorado	Puntuación	
	Nominal	Numérico
Pendiente	Alto	3
Diversidad de vegetación	Moderado	3
Estabilidad del suelo y erosionabilidad	Alto	3
Potencial estético	Moderado	2
Actuación humana	Alto	3
Contrastes de color	Moderado	2
Valor de la capacidad de absorción visual		**39**

De acuerdo con las puntuaciones establecidas en la Tabla 4.82, Tabla 4.83 y Tabla 4.84, las valoraciones en relación a calidad y fragilidad visual, así como la capacidad de absorción visual del SA para el Proyecto se presentan integradas en la Tabla 4.85.

Tabla 4.85. Resumen de la evaluación de la calidad y fragilidad visual, así como la capacidad de absorción del SA del Proyecto.

Calidad	Fragilidad	CAV
Clase B	Media	Alta

Los resultados del inventario de recursos visuales del SA del Proyecto son los siguientes:

- **Pendiente:** Predominan las zonas a nivel del mar, y prácticamente planas en su totalidad.
- **Vegetación:** Debido a que el área evaluada se encuentra inserta en una zona de desarrollo urbano, la vegetación se ha visto fragmentada y perturbada en gran medida; existen especies pioneras, rastreras, arbustivas y arbóreas, sin embargo, la diversidad no es amplia.
- **Cuerpos de agua:** No se registra presencia de cuerpos de agua.
- **Acción antrópica:** Existe presencia y modificación del paisaje debido a este factor, la principal actividad productiva de la región (turismo) demanda la utilización de grandes extensiones de terrenos para el desarrollo urbano.
- **Fondo escénico:** En el área evaluada se observa el paisaje característico de la selva tropical, con desarrollo urbano.
- **Variabilidad cromática:** La variabilidad cromática se remite a dos aspectos bien definidos, los tonos verdes para la vegetación y los pardos del suelo.
- **Singularidad o rareza:** El paisaje resulta común a otros sitios circundantes.

Descripción del análisis de la evaluación

El paisaje en el SA del Proyecto se encuentra dominado por formas de relieve planas, con comunidades de vegetación que han sido fragmentadas y perturbadas en mayor o menor grado para dar paso al desarrollo urbano. La accesibilidad visual presenta interferencias de visibilidad hacia el este debido a la presencia de infraestructura turística y al sur debido al desarrollo urbano, sin embargo, hacia el norte y oeste la morfología permite la visibilidad de grandes masas de vegetación.

Con relación a los elementos antrópicos, el desarrollo urbano caracteriza gran parte del área evaluada, lo que contrarresta el impacto visual que puede tener dicha infraestructura ante los observadores.

Considerando lo anterior se puede decir que el área ha perdido cierto grado de naturalidad, derivado de las modificaciones al entorno realizadas por las actuaciones humanas, intervenciones que no logran disminuir la calidad visual y ambiental del conjunto. Como resultado de estas modificaciones se han afectado algunos componentes originales del paisaje.

De acuerdo a la valoración realizada, el SA cuenta con una capacidad de absorción visual alta, por lo que las obras y actividades consideradas en el Proyecto no generan efectos adversos. Cabe señalar que el paisaje ya presenta una fuerte influencia humana, con actuaciones históricas que cambiaron la estructura original, considerando lo anterior, se puede decir que es una zona que ha perdido su condición natural, que presenta una calidad visual media. Aunado a lo anterior, debido

a las características y proyecciones de desarrollo que se espera para el área, se puede decir que ésta presenta una fragilidad visual media de tendencia baja, lo que significa que acepta modificaciones en su estructura, sin afectar de manera significativa su valor visual.

4.4. Servicios Ambientales que Pudieran Ponerse en Riesgo por el Cambio de Uso del Suelo Propuesto

Para determinar cuáles serán los servicios ambientales que pudieran ponerse en riesgo con motivo del cambio de uso de suelo que se solicita para el proyecto Rotonda, se utilizó como criterio de selección la definición contenida en el Artículo 7, Fracción LXI de la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable (LGDFS), en donde se define a los servicios ambientales como:

"Beneficios que brindan los ecosistemas forestales de manera natural o por medio del manejo forestal sustentable, que pueden ser servicios de provisión, de regulación, de soporte o culturales, y que son necesarios para la supervivencia del sistema natural y biológico en su conjunto, y que proporcionan beneficios al ser humano".

Los servicios ambientales o ecosistémicos son los beneficios intangibles que los diferentes ecosistemas ponen a disposición de la sociedad, ya sea de manera natural o por medio de su manejo sustentable. En consecuencia, la base de los servicios ambientales se halla en los componentes y procesos que integran los ecosistemas.

Podemos entender los servicios ambientales como los procesos y las funciones de los ecosistemas que, además de influir directamente en el mantenimiento de la vida, generan beneficios y bienestar para las personas y las comunidades.

Es importante tener clara la diferencia entre bienes y servicios ambientales. Los primeros son productos tangibles de la naturaleza (madera, fruto, agua, suelo, plantas medicinales) de los que nos beneficiamos directamente los seres humanos. Los servicios ambientales, en cambio, son beneficios intangibles cuya utilización cuando la hay es indirecta (captura de carbono, regulación del clima, control de la erosión, captación de agua, etc.).

Por lo anterior, en este apartado se estimarán los servicios ambientales en cantidad y calidad de provisión del agua, protección de la biodiversidad (flora y fauna), captura de carbono y la protección de los suelos (riesgo potencial de erosión) que se verán afectados por el cambio de uso de suelo en terrenos forestales en las 7.98 ha necesarias para la ejecución del Proyecto las que actualmente presenta vegetación de selva mediana subperennifolia con vegetación secundaria arbórea.

4.4.1. Identificación de los Servicios Ambientales que Pudieran Ponerse en Riesgo

En la siguiente Tabla 4.86 se presenta la identificación de los servicios ambientales que actualmente brinda el área sujeta a cambio de uso de suelo del Proyecto, al mismo tiempo presenta los servicios ambientales que se verán afectados por la realización de esta actividad.

Tabla 4.86. Identificación de los servicios ambientales a afectar por el cambio de uso de suelo en terrenos forestales.

Servicios ambientales	Afectación con el cambio de uso de suelo
La provisión del agua en calidad y cantidad	Si
La captura de carbono, de contaminantes y componentes naturales	Si
La generación de oxígeno	Si
El amortiguamiento del impacto de los fenómenos naturales	No
La modulación o regulación climática	No
La protección de la biodiversidad, de los ecosistemas y formas de vida	Si
La protección y recuperación de suelos	Si
El paisaje y la recreación	Si

Considerando que el proyecto que se presenta, se desea desarrollar en un predio que cuenta con una superficie de total de 10.64 Ha, de las cuales se pretende realizar el cambio de uso de suelo en 7.98 ha. Se tiene que se reducirá en cierta medida los espacios arbolados, así como de los procesos de sucesión natural que se realizan en la zona, por lo que es preciso destacar los servicios ambientales que pudieran ponerse en riesgo por el desarrollo de las actividades que conllevan el cambio de uso del suelo.

Importancia de los servicios ambientales en el contexto de la cuenca hidrológica forestal y del área de influencia del proyecto

La subsistencia y el desarrollo de toda sociedad dependen del aprovechamiento sustentable de sus recursos naturales. Sin embargo, el ser humano en su carrera por conquistar y poseer, ha provocado la extinción de muchas especies animales y vegetales y ha deteriorado su entorno natural en muchos casos de manera irreversible. Por ello, cada vez es mayor la importancia de fomentar la conciencia sobre la relación que existe entre los recursos naturales, la salud planetaria y la especie humana. Hoy, la naturaleza y su conservación son pilares del desarrollo sustentable y revisten importancia vital para ciudadanos, pueblos y gobiernos.

De los varios tipos de servicios ecosistémicos, el agua es uno de los más concretos y mesurables y, en el caso de Quintana Roo está muy ligado con el mantenimiento de los diferentes tipos de selvas en la región. Se trata de un servicio de aprovisionamiento y se relaciona con otros servicios como la conservación de ecosistemas y su diversidad biológica, así como la captura de carbono. Ayuda, al mismo tiempo, a la aplicación del principio precautorio de deforestación evitada, que busca mantener las condiciones originales de las comunidades naturales nativas y prescindir de los costos que implicarían la reforestación y la restauración ecológica cuando las selvas han sido perturbadas.

La conversión de usos del suelo tiene repercusiones en la conservación de áreas naturales. En síntesis, el avance y crecimiento de las agroindustrias y el turismo han resultado en un proceso acelerado de cambio de uso de suelo en Quintana Roo que impacta a los ecosistemas, el acuífero subterráneo, los sistemas lagunares, los arrecifes, las poblaciones de fauna y flora silvestres y, en gran medida, los medios de vida de las comunidades campesinas, así como la calidad de vida de

la población de la región. Por su parte, en el centro y norte de la entidad se encuentran las mayores superficies con capacidades calificadas como muy altas por su desempeño hidrológico.

Revertir escenarios como éste, donde se combinan tasas elevadas de crecimiento demográfico, urbanización y consumo creciente de agua en regiones concentradas, así como disfunciones regionales y pérdida de ecosistemas originales, implica abrir varios frentes en el quehacer público, que incluyan la gestión territorial y proyectos específicos de manejo de recursos particulares. Por lo que se deberán enfocar acciones en la búsqueda de soluciones efectivas de orden ambiental, social y económico.

Tanto para la unidad de análisis como para el predio de interés existen servicios ambientales que pudieran ponerse en riesgo por el cambio de uso de suelo propuesto, conforme a los señalados en el artículo 7 de la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable, fracción LXI. Es por ello que en este apartado se habrán de describir, analizar y proponer medidas de mitigación el cual hacen que el proyecto de interés no generará procesos dolosos y se considera que bajo estos términos el proyecto puede ser viable.

4.4.2. Provisión del Agua en Calidad y Cantidad

En el área sujeta a cambio de uso de suelo que requiere el proyecto (7.98 ha), de acuerdo a la información proporcionada por la estación meteorológica más cercana al mismo (Playa del Carmen) presenta precipitaciones del orden de los 1,332.1 mm (CONAGUA, 2010). Además, en la región no existen corrientes superficiales debido a la naturaleza calcárea del terreno que presenta una mejor permeabilidad y al relieve del mismo que es sensiblemente plano (0-2.5%), considerándola como poco significativa.

Al no poderse desarrollar las corrientes superficiales, la porción del agua de precipitación que resta de la evapotranspiración (la que es absorbida por las plantas y suelos), habrá de saturar el terreno, colma el bajo relieve y se infiltrará en el subsuelo, dando origen a las aguas subterráneas.

El área del Proyecto se localiza en una región cárstica de calizas o dolomitas que facilitan el drenaje subterráneo debido a la disolución de la roca. Las condiciones geológicas con la precipitación actúan en conjunto con la disolución de la roca caliza causado por el agua a través de la red de drenaje subterráneo y que ha creado de esta manera un paisaje cárstico típico de ríos subterráneos y toda esta recarga se dirige hacia la zona litoral para su descarga que es de manera prácticamente radial.

De esta manera el drenaje subterráneo constituye una red que funciona de manera directamente proporcional a la magnitud de la precipitación que ocurre en las diversas temporadas climáticas. Por otra parte, la hidrología superficial del predio del proyecto a simple vista no se aprecia debido a que el agua de lluvia que cae en la temporada se infiltra al subsuelo favoreciendo el establecimiento de la vegetación natural.

La actual infiltración de agua (con suelo y vegetación natural) en el área pretendida para el CUSTF es de 64,581.19 m^3/año. La infiltración disminuirá en caso de llevar a cabo el CUSTF, establecimiento del proyecto (sellamiento del suelo) y sin medidas de protección-conservación del agua hasta un valor de 27,398.38 m^3/año. Se tendrá una pérdida neta y un volumen de agua a mitigar por el proyecto de 37,182.81 m^3/año.

Con la finalidad de hacer de este proyecto en uno sustentable y viable ambientalmente, se plantea la aplicación de medidas de mitigación mediante la permanencia de áreas de conservación que lograran mitigar completamente el volumen de agua que se perderá por motivo del CUSTF por el proyecto "Rotonda" (37,182.81 m^3/año). Lo anterior, indica que el aplicar las medidas de protección-conservación del agua y del suelo permitirá mitigar completamente la pérdida neta de infiltración por motivo de CUSTF permitiendo tener un seguimiento en la prestación del servicio ambiental de captación de agua en cantidad importante con un volumen de 64,581.19 m^3/año, es decir, permitirá que el proyecto sea totalmente sostenible y viable ambientalmente.

Además, el proyecto mantendrá una cobertura vegetal natural o de conservación del orden del 25%, que quedará en pie formando parte del proyecto y que este representa una superficie de 2.66 ha del total del conjunto de predios.

Por otra parte, se tiene que de acuerdo al Programa Municipal de Desarrollo Urbano de Solidaridad 2010-2050, se considera que el municipio ubicado dentro de la Cuenca 32A cuenta con una superficie de 2'128,054.31 m2 (212,805.45 Ha), así mismo y de acuerdo con la caracterización municipal presentada en la siguiente tabla, se distribuyen distintos tipos de vegetación los cuales se registran a continuación:

Tabla 4.87. Uso del suelo y vegetación del municipio de playa del Carmen.

Uso de suelo y vegetación	Área en m^2	Hectáreas	% Municipal
Selva Mediana subperennifolia	1,245,868,591.44	124,586.86	58.54
Vegetación secundaria derivada de Selva mediana subperennifolia	498,629,901.97	49,862.99	23.43
Vegetación secundaria derivada de Selva mediana subperennifolia con agricultura nómada (hubches)	290,145,945.79	29,014.59	13.63
Sin vegetación aparente	48,442,198.38	4,844.22	2.28
Sabana	19,481,953.83	1,948.20	0.92
Manglar	15,542,158.96	1,554.22	0.73
Selva baja subcaducifolia	6,683,821.75	668.38	0.31
Vegetación halófila	2,243,711.69	224.37	0.11
Cuerpo de agua	1,016,226.51	101.62	0.05
TOTAL	2,128,054,510.31	212,805.45	100.00

Fuente: "Programa Municipal de Desarrollo Urbano de Solidaridad 2010-2050".

De acuerdo con los datos y tomando en consideración únicamente los ecosistemas de selva mediana subperennifolia y la vegetación secundaria derivada de la misma, se registra que para el municipio estos ambientes alcanzan cobertura en una superficie combinada de 174,449.85 Ha. Asimismo, estas zonas se encuentran cubiertas de vegetación natural, lo que facilita que el agua de lluvia se percole libremente, contribuyendo a la formación y recuperación del acuífero.

En este sentido, el proyecto afectará 7.98 hectáreas, lo que representa tan solo un 0.00004574953% de la superficie total que favorece la captación y percolación del agua de lluvia en el municipio. Además, el proyecto mantendrá una cobertura vegetal natural o de conservación del orden de los 2.66 has que quedarán en pie formando parte del proyecto.

La remoción de la vegetación en el área sujeta a cambio de uso de suelo **no afectará la capacidad de captación, ni provocará la disminución de la misma.** En este caso, los efectos en la captación de agua no son considerados significativos, ya que el impacto será en un área puntual con respecto a la región, misma que se encuentra influenciada desde hace muchos años por el

desarrollo urbano y turístico ubicado en la Riviera Maya y el crecimiento de la ciudad de Playa del Carmen. **Sin embargo, se realizarán acciones tales como**:

- Evitar las descargas sanitarias al subsuelo mediante la contratación de sanitarios portátiles para uso obligatorio de los trabajadores a razón de uno por cada 15 trabajadores.

- De tener la posibilidad de almacenamiento de combustible en la zona del Proyecto durante sus diferentes etapas, este será a base de contenedores bajo condiciones adecuadas para evitar en la medida de lo posible un derrame.

- Se mantendrá un programa de limpieza periódica del sitio de obra.

Además, el Proyecto considera la captación de aguas pluviales mediante la construcción de pozos de absorción en las vialidades y conducirlas al subsuelo, los que considerarán lo establecido en la Norma Oficial Mexicana NOM-015-CONAGUA-2007. (DOF del 18 de agosto de 2009), la NOM-003-CNA-1996 (DOF del 3 de febrero de 1997) y la NOM-004-CNA-1996 (DOF del 3 de febrero y 8 de agosto de 1997). Además de la captación de lluvia que se hará en las áreas verdes y de conservación consideradas por el Proyecto.

Con referencia a la calidad del agua en la zona, se considera que, por el desarrollo del Proyecto, ésta no se verá afectada debido a los factores siguientes:

De acuerdo con el balance hidrológico del estado de Quintana Roo, existe gran disponibilidad de agua subterránea por lo que ésta alcanza un volumen disponible de alrededor de los 3,256 Mm^3. De este valor tan solo se utiliza cerca de los 423 Mm^3, lo que corresponde con un 13% del total de agua disponible (González-Canto, 2006). Asimismo, y de acuerdo con la CONAGUA (2011), se reconoce que el acuífero de la Península de Yucatán se mantiene una excelente calidad del agua, lo cual está basado en el análisis de 3 parámetros principales:

- Demanda Química de Oxígeno (DBO5),
- Demanda Química de Oxígeno (DQO) y
- Sólidos Suspendidos Totales (SST).

No obstante, lo anterior, los retos a los cuales se enfrentan los organismos administradores del agua indican que se deberá evitar la modificación de la calidad del agua del acuífero ya que es altamente vulnerable a la contaminación antropogénica, por la alta capacidad de infiltración que se registra en el subsuelo. Además de que se debe mantener una explotación controlada que evite la contaminación del acuífero por la intrusión salina, derivado del limitado espesor del acuífero. En este sentido, en el desarrollo del Proyecto se deberá considerar:

- De acuerdo con el manual de operación y mantenimiento de pozos profundos para acueductos (1999)[16], se considera que la distancia mínima que debe existir entre un pozo de extracción y una letrina, un tanque séptico o un pozo de absorción es de 50 m. Asimismo, la distancia mínima que debe existir con un relleno sanitario, basurero, un tanque enterrado con tóxicos es de 500 m. En cuanto al manejo de aguas residuales se cuenta con la Planta de Tratamiento Sastun ja (operada por la Comisión de Agua Potable y Alcantarillado) se ubica a 7 km al suroeste, misma que da el manejo adecuado de los efluentes que se generan desde los conceptos habitacionales que existen en la zona;

[16] http://repositorio.sena.edu.co/sitios/calidad_del_agua/operacion_pozos/index.html#

mientras que el relleno sanitario se ubica a 13 km al noroeste. Por lo que en la zona de alguna manera se considera que se lleva a cabo el uso de suelo propio para el desarrollo de la vida natural, Es por ello que las condiciones para la infiltración y la buena calidad del agua de lluvia, prácticamente no han sido modificadas previamente a la planeación del Proyecto.

- En relación al Proyecto que se propone y para evitar al máximo las situaciones que pudieran ser fuente de contaminación de las aguas subterráneas durante la etapa de preparación y construcción del sitio, se habrá de llevar a cabo la disposición adecuada de las aguas residuales generadas por los trabajadores de obra. Por ello se contará con sanitarios portátiles a razón de 1 por cada 15 trabajadores, mismos que requerirán de labores de mantenimiento; además de realizar de manera adecuada la disposición final de dichas aguas. Este servicio se llevará a cabo a través de una empresa especializada en la limpieza de estos equipos y todos los efluentes serán enviados a una planta de tratamiento.

- Asimismo, en el desarrollo del Proyecto, se habrán de generar residuos sólidos urbanos, lo que refiere desechos orgánicos, producto de alimentos de los trabajadores; como son: sobrantes de alimentos, envolturas de papel. cartón, etc. Así como inorgánicos; como son: latas (aluminio y acero), vidrio, plástico, etc. Por lo que se deberá aplicar un procedimiento de manejo adecuado a fin de evitar la generación de lixiviados de los mismos y con ello la promoción de la contaminación del suelo y del agua. Por lo que se colocarán el número de depósitos de basura que se requieran, los cuales estarán rotulados de acuerdo a su propósito y favorecer con ello su separación y reciclamiento.

- De manera complementaria, se deberá supervisar que se lleve a cabo el mantenimiento periódico de la maquinaria y vehículos, con el fin de evitar accidentes al tiempo de operación dentro del Proyecto y que pudieran corresponder con el derrame de combustible, grasas, aceites, acumuladores, etc. Se debe de esperar que estas acciones se realicen fuera de la zona donde se llevará a cabo el cambio de uso del suelo, es decir, en talleres especializados la mayoría de los cuales se ubica en la propia ciudad de Playa del Carmen y de alguna manera garantizar el manejo adecuado de las piezas mecánicas, aceites, grasas, etc.

- Adicionalmente, para llevar a cabo el CUSTF no se requiere de efectuar ningún tipo de excavación o alumbramiento del acuífero, por lo que no existirá ninguna situación que favorezca la percolación directa o indirecta de contaminantes al subsuelo y manto freático de la zona.

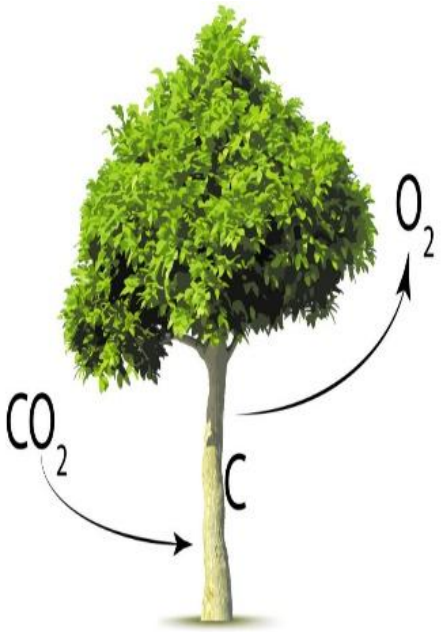
- Por otra parte, y en caso de algún derrame accidental de cualquier producto contaminante, rápidamente se deberá retirar del sitio, se colocarán materiales absorbentes y se deberá retirar todo el sustrato que pudiera estar contaminado. Además, a todos estos desechos se les debe dar tratamiento como residuos peligrosos, por lo que se confinarán en depósitos que cuenten con tapa, señalamientos adecuados, así como un lugar específico para su almacenamiento temporal. Su disposición final será con alguna de las empresas autorizadas que operan en la localidad.

- De manera adicional, es importante señalar que durante las etapas de construcción y operación del Proyecto se habrá de conservar una superficie de 2.66 ha del Proyecto, misma que habrá de preservar su cubertura de vegetación natural de selva mediana con desarrollo secundario. Situación que contribuirá a la continuidad en la recarga natural del

acuífero, lo que habrá de favorecer las condiciones existentes actualmente y que permiten la existencia de un agua subterránea apta para el consumo humano o animal.

Haciendo un énfasis **en relación a la modificación de la calidad del agua, se considera que por el desarrollo del Proyecto este servicio no se verá afectado negativamente.** Por lo que, mediante la aplicación y adecuado seguimiento de las medidas señaladas en este apartado y las establecidas en el Capítulo 7 de este DTU-BP, se podrá garantizar la continuidad de la infiltración del agua y su proceso de purificación natural en su recorrido por el subsuelo hasta integrarse al manto freático.

4.4.3. Captura de Carbono, de Contaminantes y Componentes Naturales

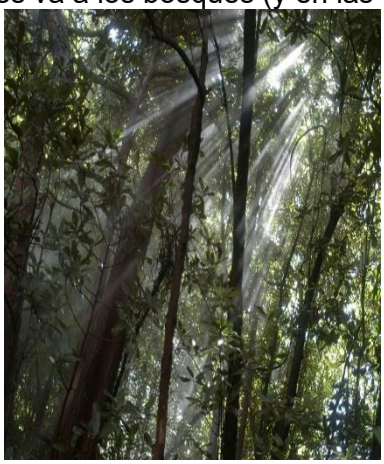


Las selvas son valoradas por su diversidad y alta productividad (Martínez-Ramos et al., 2007), por lo cual, es fundamental conocer su potencial en la captura de biomasa y carbono (Acosta, Pérez, Romero, 2017), ya que juegan un papel importante en el ciclo global del Carbono (Ngo et al., 2013).

Los bosques en crecimiento tienen la capacidad de fijar y almacenar Carbono a través de la acumulación de biomasa en sus estructuras vivas, mientras que los bosques viejos, sirven como sumideros de carbono.

De acuerdo a estudios realizados en México, cuando las condiciones son favorables, la tasa de acumulación de Carbono es de aproximadamente 3.60 Mg ha-1 año-1 (Orihuela-Belmonte et al., 2013) y en peores condiciones, la acumulación de Carbono es de 1.52 Mg ha-1 año-1 (Read y Lawrence, 2003)

Las plantas absorben CO2 de la atmósfera y emiten oxígeno. Es un proceso que forma parte de su ciclo vital. Se trata de un mecanismo que ayuda al clima, sobre todo en situaciones como la actual, porque **los árboles actúan como un 'secuestrador' natural de dióxido de carbono**. Tras absorberlo, queda atrapado en las ramas, el tronco y las raíces, y así el ejemplar va creciendo. De hecho, cuando más CO2 hay en la atmósfera, mejor les va a los bosques (y en las últimas décadas se han dado un buen atracón). Ese gas hace, en resumen, las funciones de fertilizante para los vegetales.



La cuantificación de las reservas de Carbono aún son inciertas (Houghton, 2001), ya que varía en función del suelo, clima, tipos de árboles, estructura y composición arbórea, densidad de la madera, uso de la tierra y la edad del bosque (Cairns et al., 2000).

Por lo anterior, las estimaciones de la biomasa forestal son una prioridad para evaluar las variaciones de las reservas de Carbono en los bosques tropicales (Chave et al., 2004), asi como la cantidad

potencial de CO_2 que puede ser liberado o extraído de la atmosfera (Clark y Clarck, 2000).

Objetivo

Estimar la biomasa área y de las raices y el carbono total almacenado (aéreo y de las raices) en el predio denominado “Rotonda” en una superficie de 7.98 ha, que se encuentra ubicado en municipio de Playa del Carmen, Quintana Roo. **Anexo digital 4.8** (Captura de Carbono).

- **Antecedentes de uso de relaciones alométricas para estimar biomasa y carbono**

El carbono es secuestrado por la vegetación mediante los procesos de fotosíntesis y queda almacenado en aproximadamente un 50% en la biomasa, sobre todo en la vegetación leñosa (arbórea), tanto en fuste, ramas, follaje y raíces (Dávalos et al., 2008).

Como la biomasa es una variable difícil de estimar, hoy día no existe una metodología que se use de forma y menos en las zonas tropicales. Sin embargo, existen investigaciones puntuales en donde se han desarrollado ecuaciones alométricas (Chou y Gutiérrez, 2012).

Existen dos métodos para estimar la biomasa de un bosque. El método destructivo y consiste en cortar los árboles y pesar la biomasa directamente secando la madera. El método indirecto que consiste en estimar la biomasa de manera indirecta por medio de modelos de regresión que estimen la biomasa en función de variables fáciles de medir en campo (Brown, 1997).

La estimación de la biomasa en la parte aérea se obtiene con el uso de ecuaciones que permiten estimar el peso seco en función del diámetro de cada árbol; ya que pesar todos los árboles sería una tarea muy difícil. Estas ecuaciones se llaman alométricas que relacionan diámetros, altura, densidad, copa, etc. (INECC, 2019).

Una vez que obtienes el valor de la biomasa aérea, se procede a estimar la contenida en la parte subterránea. Como ahí no podemos medir variables, pero es sabido que existe una relación entre el peso del árbol en su parte aérea con su parte subterránea que es de alrededor de un factor de 0.3. El IPCC recomienda consultar en el Cuadro 4.4 (relación biomasas subterránea / biomasa aérea) del capítulo 4 del volumen 4 de las directrices (IPCC; https://www.ipccnggip.iges.or.jp/public/2019rf/pdf/4_Volume4/19R_V4_Ch04_Forest%20Land.pdf Torres y Guevara (2002) propones una ecuación general para estimar la biomasa aérea de árboles <10 cm de diámetro normal, para selvas medianas y altas que tiene la siguiente expresión:

$$Ba = 0.896 + 519.408VTA$$

Donde: Ba = Biomasa aérea (kg),

VTA = Volumen total (m^3).

Brown (1997) desarrollo una ecuación alométrica general para estimar biomasa en selvas secas, generando la ecuación siguiente:

$$B = e^{-1.96.2.32Ln(Dn)}$$

Para bosques tropicales, podemos citar los trabajos de Cairns et al. (2003), quienes desarrollaron ecuaciones para especies arbóreas para diámetros < a 10 cm y para ≥ a 10 cm (Cuadro 1). Las ecuaciones son de la forma:

$$B = \beta_0 + \beta_1 Dn^2 At$$ (anexo 4.1).

Tabla 4.88. Ecuaciones de biomasa para especies más abundantes en el Ejido la Pantera, Quintana Roo, México.

	Modelo	Especie	B_0	B_1	R^2	Autor
Individuos con >10 cm	$B = \beta_0 Dn^2 At$	*Alseis yucatanensis*		0.0301	0.91	Cairms et al, 2003
		Brosimun alicastrum		0.0336	0.97	Cairms et al, 2003
		Manilkara zapota		0.0447	0.98	Cairms et al, 2003
		Pouteria campechiana		0.0358	0.94	Cairms et al, 2003
		Pouteria unilocularis		0.0465	0.96	Cairms et al, 2003
		Trichilia minutiflora		0.0465	0.97	Cairms et al, 2003
Individuos con <10 cm	$B = \beta_0 + \beta_1 Dn^2 At$	*Alseis yucatanensis*	0.0867	0.0429	0.99	Cairms et al, 2003
		Manilkara zapota	0.0034	0.0482	0.89	Cairms et al, 2003
		Pouteria unilocularis	0.8322	0.0429	0.95	Cairms et al, 2003
		Trichilia minutiflora	0.4125	0.0421	0.96	Cairms et al, 2003
		Talisia olivaeformis	0.3627	0.0322	0.72	Cairms et al, 2003
		Croton arboreus	0.0493	0.048	0.98	Cairms et al, 2003
		Croton lundell	0.2385	0.058	0.99	Cairms et al, 2003
		Eugenia sp	0.178	0.0638	0.92	Cairms et al, 2003

Vargas, Allen y Allen (2007) en la Reserva Ecológica el Eden, Quintana Roo, Mexico, desarrollaron ecuaciones de biomasa y carbono para bosque tropicales en función de la edad, para lo cual ajustaron el modelo lineal: $Y = \beta_0 + \beta_1 A$, el logarítmico, $Y = \beta_0 + \beta_1 Ln(A)$ y uno exponencial, $Y = e^{\beta_0 + \beta_0/A}$. En el siguiente cuadro se observan los parámetros obtenidos para los diferentes tamaños de árboles, tipo de árboles y horizontes del suelo para biomasa y carbón.

Donde:

Y: biomas o carbón,

A= Edad (años) y

β´´s= Parámetros a ser ajustados por regresión.

Tabla 4.89. Parámetros e indicadores de ajuste de los modelos ajustados para biomasa y carbón de diferentes etapas sucesiones en un bosque seco tropical.

Componente	Modelo	B_1	B_2	R^2	P-valor
Biomasa					
Biomasa total	Lineal	25.56	2.78	0.959	<0.0001
	Richards	0.25	0.567	0.906	<0.0001
Total AGB	Richards	0.27	0.840	0.974	<0.0001
Árboles >30 cm	Lineal	-3.31	0.393	0.803	<0.0001
Árboles 10-29.9 cm	Lineal	-12.372	1.865	0.973	<0.0001
Árboles 5-9.9 cm	Logarítmico	7.289	7.265	0.400	0.027
Árboles < 1 cm	Lineal	6.376	-0.116	0.375	0.034
Árboles muertos	Lineal	-0.783	0.147	0.775	<0.0001

Componente	Modelo	B_1	B_2	R^2	P-valor
Lianas	Lineal	-2.410	0.032	0.915	0.03
Palmas	Lineal	0.069	0.008	0.700	0.038
Plántulas	-	-	-	-	ns
Total BGB	Exponencial	3.364	-1.852	0.967	<0.0001
	Richards	0.143	0.677	0.869	<0.0001
Horizonte Oi	Exponencial	2.334	-2.315	0.920	<0.0001
Oe > 2 mm	logarítmico	0.198	0.627	0.866	<0.0001
O1 < 2 mm	Exponencial	1.629	-1.744	0.704	0.001
Raíces finas	Exponencial	1.575	-1.131	0.531	0.007
Carbón					<0.0001
Carbón total	logarítmico	13.527	32.799	0.966	<0.0001
	Richards	0.033	0.466	0.967	<0.0001
Total AGC	Exponencial	4.007	-7.097	0.982	<0.0001
	Richards	0.027	0.840	0.974	<0.0001
Total BGC	Exponencial	4.338	-1.311	0.934	<0.0001
	Richards	0.089	0.443	0.901	<0.0001
Horizonte Oi	Exponencial	1.506	-2.327	0.928	<0.0001
Oe > 2 mm	logarítmico	-0.037	0.067	0.870	<0.0001
Oe < 2 mm	Exponencial	0.610	-2.966	0.901	0.01
Raíces finas	Exponencial	0.757	-1.089	0.501	<0.0001
Horizonte Oa (OC)	Exponencial	4.190	-1.237	0.905	ns
Carbón (%)					0.001
Horizonte Oi	-	-			0.04
Oe > 2 mm	Exponencial	3.680	-0.403	0.787	ns
Oe < 2 mm	Exponencial	3.544	-0.839	0.661	0.03
Raíces finas	-	-	-	-	ns
Horizonte Oa (OC)	Exponencial	3.222	-0.981	0.466	

Donde: OC, Carbono orgánico; AGC=Carbono aéreo; BGC=Carbono subterráneo.

Rodríguez-Laguna et al. (2008) en un bosque tropical subcaducifolio en la reserva de la biosfera el cielo, Tamaulipas, México, estimaron la biomasa de los componentes de los árboles a partir de la densidad básica de las especies y generaron una ecuación alométrica de tipo potencial para estimar el carbono presente en tallos, ramas, follaje y raíces en función del diámetro normal. La ecuación es de la firma: $B = a_0 D^{a_1}$. Donde β es el peso seco total de la biomasa aérea (kg), D es el diámetro a 1.3 m (cm) y a_0 y a_1 son los coeficientes de la regresión. La biomasa radicular se estimó con un factor de conversión de biomasa aérea a biomasa radicular de un 0.2. El carbono se obtuvo aplicando un factor de conversión de biomasa a carbono de 0.5. En la siguiente tabla se observan los estadísticos de las ecuaciones para las especies analizadas.

Tabla 4.90. Coeficientes de determinación, valor de F y parámetros de regresión del modelo potencial para estimar biomasa en árboles individuales por especie.

Especie	N	R^2	F	Parámetros	
				a_0	a_1
Bauhinia divaricata	33	0.93	246.5	0.197575	2.34002
Brosimum alicastrum	56	0.92	339.5	0.479403	2.0884
Bursera simaruba	43	0.95	453.1	0.064808	2.46998
Cestrum dumetorum	17	0.98	513.5	0.181077	2.29418
Dendropanax arboreus	10	0.95	101.1	0.037241	2.99585
Mimosa albida	44	0.96	611.2	0.23855	1.92242
Guazuma ulmifolia	105	0.98	4280.6	0.232435	2.21906
Harpalyce arborescensis	16	0.92	92.4	0.401524	1.83808
Mirandaceltis monoica	16	0.95	148.3	0.062394	2.71448
Nicotina glauca	24	0.95	263.0	0.182197	2.22818
Phoebe tampicensis	24	0.97	553.8	0.222776	2.33953
Piscidia piscipula	30	0.95	283.8	0.064066	2.62323
Psidium guajava	18	0.99	967.0	0.246689	2.24992
Quercus spp.	19	0.97	345.0	0.038424	2.82139
Ceanothus caeruleus	15	0.97	303.9	0.311733	2.04754
Robinsonella discolor	24	0.99	1407.3	0.23736	2.16175
Sargentia gregii	11	0.97	223.0	0.078545	2.58952
Tilia houghii	10	0.99	5104.8	0.048454	2.58164
Trichilia havanensis	20	0.99	1535.8	0.130169	2.34924

Puc (2014) ajustó la ecuación de Schumacher y Holling Type III que estimó la acumulación de biomasa y carbono aéreo en bosques tropicales secundarios de diferentes edades (siete, 15, 25, 35, 46 años) después del abandono de tierras agrícolas, y un rodal maduro en el sur de Quintana Roo, México. La biomasa se correlacionó positivamente con la edad del rodal durante la sucesión secundaria. Las ecuaciones obtenidas que estima la biomasa en función de la edad se muestran en la siguiente tabla.

Tabla 4.91. Parámetros y estimadores de las ecuaciones de Schumacher y de Holling Type III para predecir la biomasa aérea en rodales con diferentes edades en el sur de Quintana Roo

Parámetro	Estimador	E. Std.	CME	Valor T	PR>|T|	$R^2_{adj.}$
a) $Biomasa\ \text{aérea} = \beta_0 * \left[\exp^{(\beta_1 / Edad)}\right]$						
β_0	255.1482	26.2819	1527.0	9.71	<0.0001	0.72
β_1	12.37672	2.9229		4.23	0.0007	
b) $Biomasa\ \text{aérea} = (\beta_0 * Edad^2)/(\beta_1^2 + Edad^2)$						
β_0	221.2757	17.9006	1270.8	12.36	<0.0001	0.77
β_1	15.39783	2.7921		5.51	<0.0001	

Biomasa aérea (Kg), B'_s= estimadores de regresión, Edad= edad del rodal, E. std. Error estándar de los parámetros, CME=cuadrado medio del error de los parámetros, adj= ajustada

Puc (2014) reporta otras ecuaciones para estimar biomasa en selvas tropicales, mismas que son propuestas por Cairns et al. (2003), Hughes et al. (1999), Putz (1983) y Restrepo et al. (2003), las cuales se presentan en la Tabla 4.92.

Tabla 4.92. Ecuaciones de biomasa para especies en bosque tropicales.

Individuos con >10 cm	Modelo	Especie	B_0	B_1	R^2	Autor
Individuos con dn ≥ 10 cm	$B = \left[e^{\beta_0+\beta_1 LnDn^2 At}\right] + (\frac{0.0939}{2})$	Todas las especies	0.46	0.037	0.99	Cairms et al, 2003
	$B = \beta_0 + \beta_1 Ln(Dn)$		2.173	0.868	0.9	Cairms et al, 2003
Individuos con dn ≤ 10 cm	$B = \left[e^{\beta_0+\beta_1 LnDn^2}\right] * (1.4 * 10^6)$	Todas las especies	4.9375	1.0583	0.93	Hughes et al. 1999
Todas dimensiones	$B = \beta_0 + \beta_1 Ln(Dn)$	Lianas	0.12	0.19	0.81	Putz 1983
Todas dimensiones	$B = \beta_0 + \beta_1 Ln(Db) + 0.17L$	Palmas	1.805	1.283		Restrepo et al. 2003

Puc et al. (2019), usando el enfoque aditivo se ajustaron simultáneamente en función de variables dasométricas y a densidad de la madera las ecuaciones de biomasa por componente estructural del árbol; fuste, ramas y follaje, ajustando a nivel árbol de manera independiente la biomasa total árbol y se obtuvieron ecuaciones para 22 especies de diámetros-pequeños en bosques secundarios de la península de Yucatán.

$$AGBstem = f(WD, DBH, TH, \beta) + \varepsilon$$

$$AGBbranch = f(WD, DBH, TH, \beta) + \varepsilon$$

$$AGBfoliage = f(WD, DBH, TH, \beta) + \varepsilon$$

$$AGBtotal-tree = f(WD, DBH, TH, \beta) + \varepsilon$$

Donde:

AGB = Biomasa aérea (kg);

β = vector de regresión a ser estimados,

DBH =diameter normal (cm),

TH = altura total (m),

WD = Densidad de la madera ($g.cm^{-3}$) para cada especie.

Tabla 4.93. Ecuaciones de biomasa y ajuste estadístico por componentes para árboles pequeños en bosque tropical secundario del sureste de la península de Yucatán.

Biomass equation	RMSE	R^2	Biomass equation	RMSE	R^2 adj
Coccoloba diversifolia			*Chrysophyllum mexicanum*		
$AGB_s = \exp(-3.124681)(DBH^2TH)^{0.809396}$	1.66	0.97	$AGB_s = \exp(-3.685836)(DBH^2TH)^{0.983545}$	1.34	0.98
$AGB_b = \exp(-5.709513)(DBH^2TH)^{1.160471}$	1.90	0.85	$AGB_b = \exp(-4.202349)(DBH^2TH)^{0.935024}$	0.88	0.95
$AGB_r = \exp(-4.430226)(DBH^2TH)^{0.775745}$	0.40	0.88	$AGB_r = \exp(-4.006912)(DBH^2TH)^{0.737230}$	0.45	0.87
$AGB_{total} = \sum AGB_i$	1.99	0.98	$AGB_{total} = \sum AGB_i$	1.81	0.98
Malmea depressa			*Pithecellobium saman*		
$AGB_s = \exp(-2.860974)(DBH^2TH)^{0.850281}$	1.07	0.98	$AGB_s = \exp(-3.257887)(DBH^2TH)^{0.961469}$	2.37	0.93
$AGB_b = \exp(-4.024928)(DBH^2TH)^{0.955261}$	1.27	0.88	$AGB_b = \exp(-3.778556)(DBH^2TH)^{0.868950}$	1.68	0.92
$AGB_r = \exp(-3.149323)(DBH^2H)^{0.791191}$	0.47	0.67	$AGB_r = \exp(-5.490508)(DBH^2TH)^{1.00122}$	0.70	0.58
$AGB_{total} = \sum AGB_i$	1.99	0.97	$AGB_{total} = \sum AGB_i$	2.26	0.98
Pisonia pinciana			*Lonchocarpus rugosus*		
$AGB_s = \exp(-3.215632)(DBH^2TH)^{0.912652}$	1.00	0.99	$AGB_s = \exp(-3.509758)(DBH^2TH)^{0.967215}$	1.43	0.98
$AGB_b = \exp(-4.672663)(DBH^2TH)^{0.994852}$	2.44	0.66	$AGB_b = \exp(-4.530371)(DBH^2TH)^{1.021866}$	1.41	0.92
$AGB_r = \exp(-4.849742)(DBH^2TH)^{0.796602}$	0.48	0.70	$AGB_r = \exp(-4.900705)(DBH^2TH)^{0.818051}$	0.20	0.94
$AGB_{total} = \sum AGB_i$	3.32	0.95	$AGB_{total} = \sum AGB_i$	1.51	0.99
Pouteria campechiana			*Lonchocarpus xuul*		
$AGB_s = \exp(-3.795674)(DBH^2TH)^{1.009806}$	1.93	0.96	$AGB_s = \exp(-3.832639)(DBH^2TH)^{1.002754}$	1.84	0.96
$AGB_b = \exp(-3.151849)(DBH^2TH)^{0.791280}$	1.53	0.84	$AGB_b = \exp(-4.422181)(DBH^2TH)^{0.951.072}$	1.00	0.92
$AGB_r = \exp(-4.306817)(DBH^2TH)^{0.760775}$	0.44	0.75	$AGB_r = \exp(-5.434142)(DBH^2TH)^{0.8752}$	0.23	0.86
$AGB_{total} = \sum AGB_i$	2.42	0.97	$AGB_{total} = \sum AGB_i$	3.05	0.95
Swartzia cubensis			*Licaria campechiana*		
$AGB_s = \exp(-3.749144)(DBH^2TH)^{1.020443}$	0.97	0.98	$AGB_s = \exp(-3.393522)(DBH^2TH)^{0.929411}$	0.75	0.98
$AGB_b = \exp(-3.722729)(DBH^2TH)^{0.947592}$	1.04	0.82	$AGB_b = \exp(-4.731634)(DBH^2TH)^{1.157627}$	1.49	0.95
$AGB_r = \exp(-4.472306)(DBH^2TH)^{0.75027}$	0.18	0.86	$AGB_r = \exp(-4.314631)(DBH^2TH)^{0.952814}$	0.63	0.94
$AGB_{total} = \sum AGB_i$	1.45	0.98	$AGB_{total} = \sum AGB_i$	2.10	0.98
Simarouba glauca			*Croton reflexifolius*		
$AGB_s = \exp(-3.209234)(DBH^2TH)^{0.855711}$	1.04	0.95	$AGB_s = \exp(-3.439344)(DBH^2TH)^{0.939.933}$	1.77	0.96
$AGB_b = \exp(-5.767766)(DBH^2TH)^{1.194.518}$	1.40	0.83	$AGB_b = \exp(-3.486505)(DBH^2TH)^{0.886978}$	1.16	0.95
$AGB_r = \exp(-3.876315)(DBH^2TH)^{0.701128}$	0.37	0.81	$AGB_r = \exp(-3.716394)(DBH^2H)^{0.800.455}$	0.36	0.88
$AGB_{total} = \sum AGB_i$	1.83	0.96	$AGB_{total} = \sum AGB_i$	1.98	0.98
Brosimum alicastrum			*Zuelania guidonia*		
$AGB_s = \exp(-3.318339)(DBH^2TH)^{0.921847}$	0.66	0.99	$AGB_s = \exp(-3.358934)(DBH^2TH)^{0.945294}$	2.13	0.95
$AGB_b = \exp(-4.113012)(DBH^2TH)^{0.957334}$	1.54	0.88	$AGB_b = \exp(-3.980664)(DBH^2TH)^{0.915568}$	1.18	0.91
$AGB_r = \exp(-3.886258)(DBH^2TH)^{0.754311}$	0.35	0.94	$AGB_r = \exp(-3.3396)(DBH^2TH)^{0.8424}$	0.53	0.57
$AGB_{total} = \sum AGB_i$	2.36	0.97	$AGB_{total} = \sum AGB_i$	2.52	0.97
Guettarda combsii			*Lysiloma latisiliquum*		
$AGB_s = \exp(-3.73279)(DBH^2TH)^{0.994935}$	2.13	0.93	$AGB_s = \exp(-4.7631)(DBH^2TH)^{1.134.155}$	2.29	0.90
$AGB_b = \exp(-5.004871)(DBH^2TH)^{1.165204}$	1.26	0.94	$AGB_b = \exp(-4.072008)(DBH^2TH)^{0.96777}$	1.79	0.76
$AGB_r = \exp(-5.979851)(DBH^2H)^{1.059649}$	0.45	0.85	$AGB_r = \exp(-5.36503)(DBH^2TH)^{0.886951}$	0.58	0.60
$AGB_{total} = \sum AGB_i$	1.46	0.99	$AGB_{total} = \sum AGB_i$	2.11	0.96
Lonchocarpus xuul			*Vitex gaumeri*		
$AGB_s = \exp(-3.210394)(DBH^2TH)^{0.948468}$	1.08	0.99	$AGB_s = \exp(-3.828804)(DBH^2TH)^{0.9662}$	1.83	0.93
$AGB_b = \exp(-3.707644)(DBH^2TH)^{0.965328}$	3.45	0.75	$AGB_b = \exp(-5.986197)(DBH^2TH)^{1.244886}$	1.20	0.94
$AGB_r = \exp(-4.73622)(DBH^2TH)^{0.875947}$	1.05	0.35	$AGB_r = \exp(-5.023044)(DBH^2TH)^{0.939.185}$	0.86	0.75
$AGB_{total} = \sum AGB_i$	5.13	0.92	$AGB_{total} = \sum AGB_i$	0.68	0.99
Diphotis salicifolia			*Pouteria unilocularis*		
$AGB_s = \exp(-3.309925)(DBH^2TH)^{0.926249}$	1.12	0.98	$AGB_s = \exp(-3.27356)(DBH^2TH)^{0.944922}$	1.35	0.98
$AGB_b = \exp(-3.996604)(DBH^2TH)^{0.956711}$	2.29	0.77	$AGB_b = \exp(-3.986981)(DBH^2TH)^{1.003814}$	1.85	0.94
$AGB_r = \exp(-3.276665)(DBH^2TH)^{0.786744}$	0.50	0.69	$AGB_r = \exp(-3.887617)(DBH^2TH)^{0.748138}$	0.65	0.80

Gómez et al. (2021) generaron ecuaciones alométricas para estimar la biomasa en cinco especies individuales y en grupo de bosque seco tropical. Las ecuaciones generadas fueron del tipo exponencial basadas en el diámetro normal. Aunque las ecuaciones para cada especie difieren entre sí ($p < 0.05$), en forma agrupada mostraron un mejor ajuste del modelo ($p < 0.05$). La biomasa de todas las especies se predijo correctamente utilizando solo las medidas del área basal, pero aumentaron su precisión al agregar la densidad de madera específica al modelo. Las ecuaciones obtenidas son e la forma:

$$Y = aX^b \text{ y en su gorma lineal de la forma } Ln(Y) = Ln(a) + bLn(X)$$

Donde:

Y=Variable dependiente (Biomasa),

X=Variable independientes (Diámetro normal),

a y b coeficiente a del modelo a ser estimados por regresión.

Los valores obtenidos para las especies son los que se presentan en la Tabla 4.94.

Tabla 4.94. Valores de los parámetros en el modelo linealizado para cada especie.

Species	*n*	β_o	*P*	β_1	*p*	R^2	*df*
A. cochliacantha	8(26)*	-1.291	$2.3x10^{-4}$	2.178	$6.0x10^{-13}$	0.89	24
C. multiflora	8	-3.739	$1.5x10^{-5}$	2.819	$3.8x10^{-7}$	0.99	6
E. schlechtendalii	8(10)*	-3.101	$1.6x10^{-3}$	2.333	$5.3x10^{-5}$	0.88	8
I. arborescens	8	-4.005	$2.4x10^{-3}$	2.653	$1.0x10^{-4}$	0.93	6
L. microphyllum	8	-1.852	$5.3x10^{-4}$	2.378	$5.2x10^{-7}$	0.99	6

n, number of individuals sampled of each species; β_o, value estimated from the ordinate to the intercept; β_1, value estimated of the slope; df, degree of freedom of the model; p, significance level for each of the estimated parameters; *individual branches

Por su parte, para grupos de especies se obtuvieron los siguientes resultados.

Tabla 4.95. Valores de los parámetros del modelo linealizado para grupo de especies.

Group/ subgroup	*n*	β_o	*P*	β_1	*p*	R^2	*df*	F_o		F_t
All the species	60	-1.217	$6.8x10^{-5}$	1.886	$1.5x10^{-20}$	0.668	58	45.75	>	1.60
LA	34	-1.399	$1.1x10^{-10}$	2.225	$6.8x10^{-29}$	0.955	32	1.06	<	1.82
CEI	26	-3.515	$9.5x10^{-9}$	2.652	$6.1x10^{-14}$	0.908	24	6.39	>	2.07

LA subgroup, *L. microphyllum* y *A. cochliacantha;* CEI subgroup, *C. multiflora, E. schlechtendalii* and *I. arborescens;* n, number of individuals sampled of each species; β_o, estimated value of the intercept; β_1, estimated value of the slope; *df*, degree of freedom of the model; *p*, level of significance for the estimated parameters; F_o = estimated value of *F*; *Ft* = F value from tables with a probability value of p = 0.05.

Uso de relaciones alométricas para estimar biomasa y carbono en raíces

Para estimar la biomasa de las raíces se utilizó la fórmula que propone Rodríguez-Larramendi *et al* (2016) que, aunque fue propuesta para especies de coníferas y hojosas, es la única aproximación para estimar este componente, que a su vez se sustenta en lo que propone el IPCC para diferentes tipos de vegetación (IPCC, Https://www.ipccnggip.iges.or.jp/public/2019rf/pdf/4_Volume4/19R_V4_Ch04_Forest%20Land.pdf) y es la siguiente:

$$Br = Ba\ (ton\ ha^{-1}) * Fc$$

Donde:

Br=Biomasa de las raíces (ton ha^{-1}),

Ba=Biomasa de la parte área del árbol,

Fc=Factor de expansión (0.30) para estimar Br como porcentaje de la Ba.

- **Estimación de la fraccción de carbono en la biomasa**

El cálculo del contenido de carbono se obtiene a partir de las existencias reales por hectárea y totales, una vez que se obtuvieron éstos datos, se rea las existencias vilumétricas y de biomas mediante el método propuesto por el Panel Intergubernamental del Cambio Climático (IPCC, 1994)

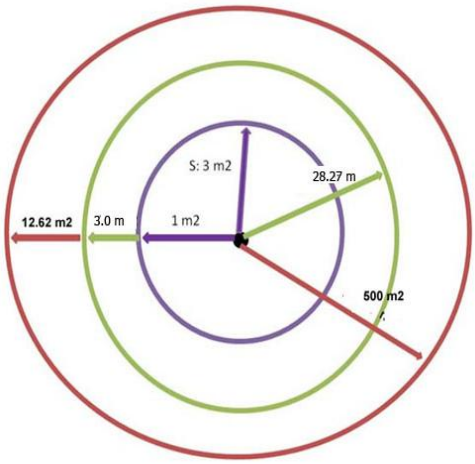
que sugiere la aplicación de diferentes factores de conversión del carbono almacenado en cada uno de los tipos de vegeteción existentes.

En este caso, la fracción de carbono presente en la biomasa se estima como una proporción de la misma, la cual, tal como lo propones Clark et al. (2001), Vargas et al. (2009), Fonseca et al. (2011), Castañeda-Gonzáles (2012), esta corresponde a un factor de conversión de 0.5 (Fc=0.5).

Metodología

Diseño de muestreo utilizado

La toma de datos de campo se realizó del 13 al 15 de agosto de 2025, de acuerdo a las características de la asociación vegetal presente, es decir, para la vegetación de selva mediana subperennifolia presente en el área del predio del proyecto



Diseño de muestreo utilizado

Para tal fin se utilizó un muestreo sistemático aplicando la técnica de muestreo por sitios circulares concéntricos con diferentes superficies (todos dentro de un mismo círculo) el cual suman una superficie total de 500 m^2. Se levantaron 12 sitios circulares de 500 m^2 cada uno distribuidos en 2 líneas de muestreo. Esto dividido de la siguiente manera:

Forma y tamaño de los sitios

En una superficie de 7.98 ha se levantaron 12 sitios circulares de 500 m^2 (radio=12.62 m) y en el mismo se miden todos los árboles con diámetro normal igual o mayor de 10 cm. Se anidaron sitios de 28.27 m^2 y se midieron todos aquellos arbustos por especie con diámetros entre 5 y 9.9 cm y para la regeneración que va desde nivel de suelo hasta los 4.9 cm de diámetro se utilizó un círculo de 1m a partir del centro teniendo una superficie de muestreo de 3. m^2.

Variables levantadas

En cada sitio se tomaron las siguientes variables:

a) Sitio de 500 m^2 todos aquellos arboles por especie con DAP (diámetro a la altura del pecho) de 10 cm en adelante.

b) Sitio de 28.27 m^2 Todos aquellos arbustos por especie con diámetros entre 5 y 9.9 cm.

c) Sitio de 3 m^2 Se contabilizaron los individuos por especie con diámetros de 1 hasta 4.9 cm.

d) Se anotó el nombre común de las especies presentes en el levantamiento de datos.

- **Fórmulas estadísticas utilizadas**

Media aritmética

$$\bar{y} = \frac{\sum_{i=1}^{n} x_i}{n}$$

Donde: $\bar{y}$=promedio, n=número de observaciones, x_i son cada uno de los valores de las variables analizadas.

Varianza: El estadístico para estimar la varianza se define como sigue:

$$S^2 = \frac{\sum_{i=1}^{n}\left(x_i^2\right) - \frac{\left(\sum_{i=1}^{n}(x_i)\right)^2}{n}}{n-1}$$

Donde: n=número de observaciones, x_i son cada uno de los valores de las variables analizadas.

Desviación estándar: Es la raíz cuadrada de la varianza e indica la cercanía o lejanía de todos los individuos con respecto a la media y su expresión es:

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n}\left(x_i^2\right) - \frac{\left(\sum_{i=1}^{n}(x_i)\right)^2}{n}}{n-1}}$$

Coeficiente de variación: Es el cociente de la desviación entandar entre la media y expresa la variabilidad de la muestra expresada en porcentaje y sirve para comparar la variabilidad entre poblaciones. Su expresión es la siguiente:

$$S = \frac{\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n}\left(x_i^2\right) - \frac{\left(\sum_{i=1}^{n}(x_i)\right)^2}{n}}{n-1}}}{\bar{y}} * 100$$

Donde: n=tamaño de la muestra; N=tamaño de la población.

Error estandar de la media: Es una medida de la variación entre medias de muestras con una corrección por finitud. Si la fracción de muestreo (n/N) es menos de 1/20, se puede omitir el error pro finitud.

$$S_{\bar{y}} = \sqrt{\frac{S^2}{n}\left(1 - \frac{n}{N}\right)}$$

Límites de confianza: Es el intervalo dentro del cual la estimación se hace bajo cierto nivel de probabilidad.

$$LS = (\bar{y}) + \left(t_{(n-1),(\alpha/2)}\right) * (s_{\bar{x}})$$

$$LS = (\bar{y}) - \left(t_{(n-1),(\alpha/2)}\right) * (s_{\bar{x}})$$

Donde: LS=límite superior, LI=límite inferior, t=t de Student, α=nivel de confiabilidad

- **Cálculos de variables extrapoladas a una ha**

Número de árboles extrapolados a una ha

$$NAHA = \left(\sum_{i=1}^{n} x_{i28.27}\right) * 353.73 + \left(\sum_{i=1}^{n} x_{i500}\right) * 20$$

Donde: NAHA=número de árboles por ha, $x_{i28.27}$=número de árboles en el sitio de 27.27 m^2 y x_{i500}=número de árboles en el sitio de 500 m^2.

Área basal por ha

$$ABHA = \left(\sum_{i=1}^{n} x_{i28.27}\right) * 353.73 + \left(\sum_{i=1}^{n} x_{i500}\right) * 20$$

Donde: ABHA=área basal el sitio e 28.27 m^2 (m^2ha^{-1}) y x_{i500}= área basal en el sitio de 500 m^2.

Volumen por ha

$$VTAHA = \left(\sum_{i=1}^{n} x_{i28.27}\right) * 353.73 + \left(\sum_{i=1}^{n} x_{i500}\right) * 20$$

Donde: VTA_{ha}=volumen el sitio De 28.27 m^2 (m^3ha^{-1}) y x_{i500}= área basal en el sitio de 500 m^2.

Biomasa por ha

$$BHA = \left(\sum_{i=1}^{n} x_{i28.27}\right) * 353.73 + \left(\sum_{i=1}^{n} x_{i500}\right) * 20$$

$$BRHA = 0.3 * \left(\sum_{i=1}^{n} x_{i28.27}\right) * 353.73 + \left(\sum_{i=1}^{n} x_{i500}\right) * 20$$

$$BTHA = BHA + BRHA$$

Donde: BHA=Biomasa por ha (ton), BRHA=biomasa de ramas por ha (ton), BTHA=biomasa total por ha (ton).

Carbono por ha

$$C = 0.5 * (BHA + BRHA)$$

Donde: C=Carbono por ha (ton)

Fórmulas y modelos

La base de datos se organizó y trabajó en el programa Excel para la formación de la base de datos de las variables dasométricas, biomasa y carbono y el procesamiento de los datos y obtención de los parámetros estadísticos a nivel de especie, sitio y hectárea se realizó en un programa en lenguaje SAS (SAS Institute, 2015).

Cálculo del área basal

El área basal individual (AB m^2) es la superficie de un corte transversal del árbol medido a la altura de pecho y también su cálculo se realiza mediante la siguiente expresión.

$$AB = 0.7854(DN^2)$$

Donde:

AB = Área basal (m^2).

Cálculo del volumen

Las ecuaciones de volúmenes utilizadas para las especies fueron las fórmulas existentes del Sistema Biométrico de Quintana Roo, que tienen la siguiente expresión (Vargas-Larreta, 2017):

$$VFT = \alpha_0 DN^{\alpha_1} AT^{\alpha_2}$$

$$VFL = 0.6 * (\alpha_0 DN^{\alpha_1} AT^{\alpha_2})$$

$$VFT = \alpha_0 DN^{\alpha_1} AT^{\beta\alpha_2} + \beta_0 DN^2 +$$

Donde: VFT = volumen de fuste total (m^3), VFL = volumen de fuste limpio (m^3), VTA = volumen total árbol (m^3), DN = diámetro normal (cm) y AT = altura total (m).

Cuando no hay ecuaciones recientes, se usaron las del Inventario Nacional Forestal del estado de Campeche, mismas que son utilizadas en el Programa Selva y que tienen la siguiente expresión (Patiño *et al*, 1994):

$$VFT = e^{\beta_0 + \beta_1 Ln(DN) + \beta_2 Ln(AT)}$$

$$VFL = 0.6 * (e^{\beta_0 + \beta_1 Ln(DN) + \beta_2 Ln(AT)})$$

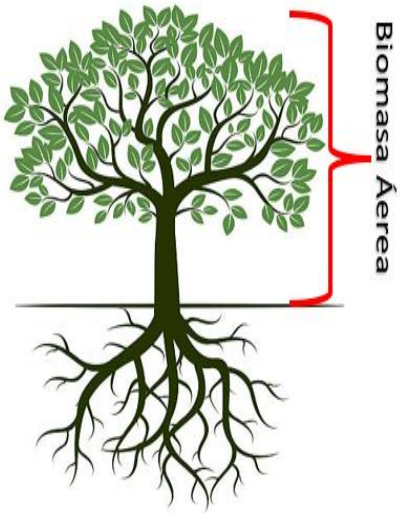
$$VTA = 1.2 * (e^{\beta_0 + \beta_1 Ln(DN) + \beta_2 Ln(AT)})$$

Donde:

e= Base de los logaritmos neperianos, Ln = logaritmo natural.

Cálculo de biomasa aérea

Para estimar la biomasa aérea de los árboles ≥ 10 cm de diámetro normal, se utilizó la ecuación general generada por Cairns et al (2003) para bosques de la Península de Yucatán y específicamente para el Ejido Graciano Sánchez, Quintana Roo, la cual tiene la siguiente expresión:



$$Ba = 0.46 + 0.037DN^2AT$$

Donde:

Ba = Biomasa aérea (kg), DN = diámetro normal (cm) y AT = altura total (m).

Para los árboles <10 cm de diámetro normal, se utilizó la fórmula genérica propuesta por Torres y Guevara (2002) para selvas medianas y altas que tiene la siguiente expresión:

$$Ba = 0.896 + 519.408VTA$$

Donde:

Ba = Biomasa aérea (kg).

VTA = Volumen total (m^3).

La biomasa estimada por sitio en (kg $sitio^{-1}$) se extrapoló a ton ha^{-1} y posteriormente se estimó el contenido de carbono (ton ha^{-1}).

$$C_{>10} = 0.5 * (0.46 + 0.037DN^2AT)$$

$$C_{<10} = 0.5 * (0.896 + 519.408VTA)$$

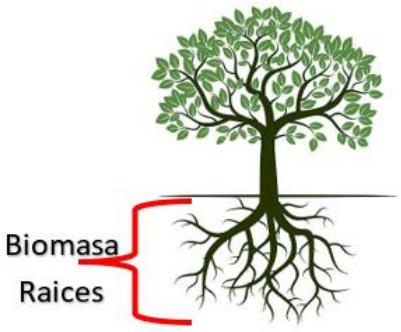
Donde:

Ba = Biomasa aérea (kg), Dn = diámetro normal (cm) y At = altura total (m).

La biomasa estimada por sitio en (kg $sitio^{-1}$) se extrapoló a ton ha^{-1} y posteriormente se estimó el contenido de carbono (ton ha^{-1}).

Fracción de carbono en la biomasa aérea

Para determinar el contenido de carbono se multiplicó el valor de la biomasa por el factor 0.5, ya que, según resultados de varios autores, este valor representa la concentración promedio de carbono para especies de especies hojosas (Graciano-Ávila *et al*, 2019).



Cálculo del carbono almacenado en la parte aérea

El contenido de carbono almacenado se estimó con la expresión:

$$Ca = B\ (ton\ ha^{-1}) * Fc$$

Donde:

C = Contenido de Carbono (ton ha^{-1}), B = biomasa (ton ha^{-1}) y Fc = fracción de carbono en la biomasa (0.5).

Cálculo de biomasa en raíces

Para estimar la biomasa de las raíces se utilizó la fórmula propuesta por Rodríguez *et al* (2016) que, aunque fue propuesta para especies de coníferas y hojosas, es la única aproximación para estimar este componente y es la siguiente:

$$Br = Ba\ (ton\ ha^{-1}) * 0.30$$

Donde:

Br=Biomasa de las raíces (ton ha^{-1}), Ba=biomasa de la parte área del árbol y FcfFactor de expansión (0.30) para estimar Br como porcentaje de la Ba.

Fracción de carbono en la biomasa de las raíces

Para determinar el contenido de carbono se multiplicó el valor de la biomasa de las raíces por el factor 0.5 que representa la concentración de carbono promedio.

$$Cr = Br\ (ton\ ha^{-1}) * 0.5$$

Donde: Cr = Contenido de carbono en raíces (ton ha^{-1}), Br = Biomasa en raíces (ton ha^{-1}), Fc = Fracción de carbono en la biomasa de raíces (0.5).

Cálculo de biomasa total

$$Bt = Ba + Br(ton\ ha^{-1})$$

Donde:

Bt = biomasa total (ton ha^{-1}).

Fracción de carbono total

Una vez que se obtienen los valores de las fracciones de carbono en la parte área y de las raíces entonces se aplica la siguiente fórmula para la obtención del carbono total contenido y que es la siguiente:

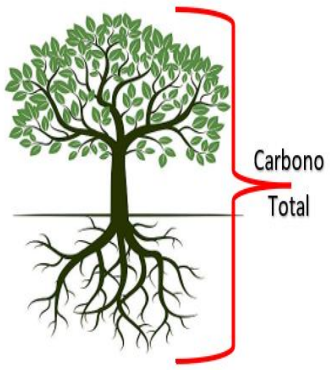
$$Ct = Ca + Cr\ (ton\ ha^{-1}) * 0.5$$

Donde:

Ct = carbono total (ton ha^{-1}), Ca=carbono aéreo, Cr= carbono de raíces y Fc=fracción de carbono total.

Resultados

En el cuadro se observan Los promedios de las variables dasométricas para las especies presentes en el predio “Rotonda”, municipio de Playa del Carmen, Quintana Roo, así como las existencias del número de árboles, área basal y distribución de volúmenes, biomasa y carbono por especie y extrapolados a unidad de superficie (ha). Por otra parte, se estiman los límites de confianza de las variables extrapoladas a hectárea de las variables de interés.



El volumen del predio es de 92.0677 m^3 ha^{-1}, pero con una confiabilidad del 95% las existencias pueden variar entre 84.8282 y 105.0912 m^3 ha^{-1}.

La biomasa aérea es de 54.3080 ton ha^{-1}, pero con una confiabilidad del 95% podemos decir que esta puede variar entre 50.1512 y 61.9322 ton ha^{-1}.

La biomasa en raíces es de 16.2829 ton ha^{-1}, pero con una confiabilidad del 95% podemos decir que esta puede variar entre 15.0383 y 18.5653 ton ha^{-1}.

La biomasa aérea total que se presenta en este predio tiene un promedio de 70.6111 ton ha^{-1}, pero con una confiabilidad del 95% podemos decir que esta puede variar entre 65.2053 y 80.5257 ton ha^{-1}.

Por su parte, la fracción de carbono contenido, se estima en un promedio de 35.3038 ton ha^{-1}, pero, con una confiabilidad del 95% este contenido puede variar entre 32.6016 y 40.2562 ton ha^{-1}.

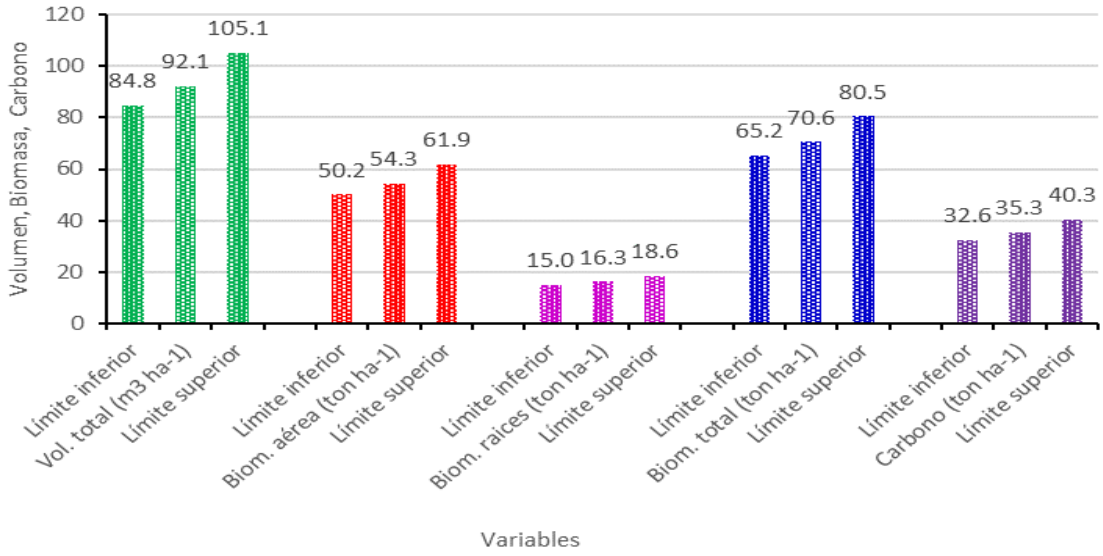
Tabla 4.96. Estimaciones de volumen, biomasa y carbono almacenados en especies del predio “Rotonda”, municipio de Playa del Carmen, Quintana Roo.

ESPECIE	DN	AT	AFL	NAHA	ABHA	VTAHA	BHA	BRHA	BTHA	C	LINAHA	LSNAHA	LIABHA	LSABHA	LIVTAHA	LSVTAHA	LIBHA	LSBHA	LIBRHA	LSBRHA	LIBTHA	LSBTHA	LIC	LSC
Alamo	15.97	9.20	4.04	36.7	0.8414	5.6002	3.8358	1.1509	4.9864	2.4932	32.8	40.6	0.7394	0.9435	4.8905	6.3099	3.3482	4.3234	1.0046	1.2972	4.3524	5.6203	2.1762	2.8102
BojoN	10.00	10.00	6.00	1.0	0.0079	0.0622	0.0375	0.0112	0.0487	0.0243	1.0	1.0	0.0079	0.0079	0.0622	0.0622	0.0375	0.0375	0.0112	0.0112	0.0487	0.0487	0.0243	0.0243
Boob	10.87	7.46	3.52	46.4	0.2696	1.4739	0.9520	0.2839	1.2360	0.6197	39.6	53.2	0.2476	0.2917	1.3303	1.6176	0.8525	1.0514	0.2541	0.3138	1.1067	1.3653	0.5552	0.6843
Chacah	16.81	9.11	4.20	128.7	1.7536	22.0213	7.4169	2.2235	9.6423	4.8221	117.7	139.8	1.7056	1.8016	20.0484	23.9943	7.2467	7.5872	2.1726	2.2745	9.4210	9.8636	4.7113	4.9328
Chacni	6.20	5.33	2.93	123.8	0.3750	1.7633	1.0435	0.3131	1.3583	0.6792	105.6	142.0	0.3211	0.4289	1.4970	2.0297	0.8921	1.1949	0.2687	0.3574	1.1609	1.5557	0.5810	0.7773
Chechem	19.47	9.45	4.96	45.0	1.2963	8.8860	5.9199	1.7759	7.6952	3.8476	41.6	48.4	1.1929	1.3997	8.1493	9.6227	5.4339	6.4059	1.6301	1.9217	7.0635	8.3269	3.5317	4.1635
Cocoite	15.29	8.79	3.58	7.0	0.1526	0.6880	0.6709	0.2012	0.8721	0.4361	4.8	9.2	-0.0453	0.3505	0.0370	1.3390	-0.2553	1.5971	-0.0768	0.4792	-0.3320	2.0762	-0.1661	1.0383
Dzidzilc	8.92	5.90	2.40	126.8	0.4902	2.3516	1.3827	0.4128	1.7955	0.8996	85.2	168.4	0.3525	0.6278	1.6330	3.0702	0.9671	1.7983	0.2895	0.5361	1.2566	2.3344	0.6302	1.1689
Ekulub	7.00	5.00	3.00	17.7	0.0672	0.2848	0.1680	0.0513	0.2193	0.1097	17.7	17.7	0.0672	0.0672	0.2848	0.2848	0.1680	0.1680	0.0513	0.0513	0.2193	0.2193	0.1097	0.1097
Granadil	10.33	7.67	3.67	19.7	0.1092	0.3241	0.3817	0.1145	0.4963	0.2490	2.0	37.4	0.0264	0.1920	0.2197	0.4286	0.1046	0.6587	0.0314	0.1976	0.1361	0.8564	0.0680	0.4300
Guaya	9.50	6.80	3.40	40.4	0.1392	0.5748	0.3963	0.1186	0.5149	0.2573	30.3	50.5	0.1227	0.1557	0.5496	0.6000	0.3776	0.4149	0.1134	0.1238	0.4911	0.5388	0.2449	0.2698
Higo	17.00	8.00	7.00	1.0	0.0227	0.1257	0.0860	0.0258	0.1118	0.0559	1.0	1.0	0.0227	0.0227	0.1257	0.1257	0.0860	0.0860	0.0258	0.0258	0.1118	0.1118	0.0559	0.0559
Jabin	17.80	9.50	5.10	8.0	0.1980	1.6510	0.8895	0.2668	1.1561	0.5781	7.4	8.6	0.1817	0.2143	1.4414	1.8606	0.8101	0.9689	0.2430	0.2906	1.0529	1.2593	0.5265	0.6297
Kanasú	13.20	9.33	4.83	17.0	0.2292	1.5965	1.0269	0.3079	1.3349	0.6672	15.8	18.2	0.2140	0.2444	1.4839	1.7091	0.9549	1.0989	0.2863	0.3295	1.2413	1.4285	0.6204	0.7140
Kanchunu	11.20	8.12	3.66	32.7	0.2276	1.2990	0.8094	0.2434	1.0528	0.5262	28.1	37.3	0.2107	0.2445	1.2225	1.3754	0.7626	0.8562	0.2292	0.2575	0.9919	1.1137	0.4957	0.5566
Katalox	15.00	7.50	2.00	2.0	0.0360	0.1975	0.1302	0.0391	0.1693	0.0847	2.0	2.0	0.0360	0.0360	0.1975	0.1975	0.1302	0.1302	0.0391	0.0391	0.1693	0.1693	0.0847	0.0847
Kitamche	14.33	8.33	3.67	4.0	0.0760	0.4379	0.2953	0.0886	0.3839	0.1920	2.9	5.1	0.0346	0.1174	0.2231	0.6527	0.1420	0.4486	0.0426	0.1346	0.1845	0.5833	0.0923	0.2917
Laurelil	7.00	5.00	2.00	17.7	0.0672	0.2848	0.1680	0.0513	0.2193	0.1097	17.7	17.7	0.0672	0.0672	0.2848	0.2848	0.1680	0.1680	0.0513	0.0513	0.2193	0.2193	0.1097	0.1097
Majagua	5.75	5.75	3.25	70.7	0.1875	0.9816	0.5748	0.1733	0.7481	0.3750	70.7	70.7	0.1665	0.2085	0.8140	1.1492	0.4871	0.6625	0.1476	0.1990	0.6333	0.8630	0.3179	0.4320
Patavaca	10.50	6.00	3.00	2.0	0.0174	0.0798	0.0500	0.0150	0.0650	0.0325	2.0	2.0	0.0174	0.0174	0.0798	0.0798	0.0500	0.0500	0.0150	0.0150	0.0650	0.0650	0.0325	0.0325
Pochote	19.00	8.00	3.00	1.0	0.0284	0.1530	0.1073	0.0322	0.1395	0.0698	1.0	1.0	0.0284	0.0284	0.1530	0.1530	0.1073	0.1073	0.0322	0.0322	0.1395	0.1395	0.0698	0.0698
Roble	6.00	6.00	3.00	17.7	0.0495	0.2618	0.1503	0.0442	0.1946	0.0973	17.7	17.7	0.0495	0.0495	0.2618	0.2618	0.1503	0.1503	0.0442	0.0442	0.1946	0.1946	0.0973	0.0973
Ruda	12.50	7.67	3.33	4.0	0.0539	0.2947	0.1913	0.0573	0.2486	0.1244	2.9	5.1	0.0298	0.0780	0.1827	0.4067	0.1145	0.2681	0.0342	0.0804	0.1487	0.3485	0.0745	0.1743
Silil	9.75	8.00	3.25	38.4	0.1277	0.6336	0.3741	0.1111	0.4888	0.2426	14.5	62.2	0.0656	0.1899	0.3772	0.8899	0.2280	0.5203	0.0680	0.1542	0.2971	0.6804	0.1480	0.3372
Sipche	5.00	6.00	3.00	17.7	0.0354	0.1910	0.1150	0.0336	0.1486	0.0743	17.7	17.7	0.0354	0.0354	0.1910	0.1910	0.1150	0.1150	0.0336	0.0336	0.1486	0.1486	0.0743	0.0743
Siricote	13.00	7.00	4.00	1.0	0.0133	0.0682	0.0442	0.0133	0.0575	0.0288	1.0	1.0	0.0133	0.0133	0.0682	0.0682	0.0442	0.0442	0.0133	0.0133	0.0575	0.0575	0.0288	0.0288
Subinche	15.77	8.80	3.53	24.7	0.2559	1.5152	1.0335	0.3110	1.3445	0.6724	16.4	32.9	0.2192	0.2926	1.2974	1.7329	0.8656	1.2014	0.2607	0.3613	1.1263	1.5627	0.5632	0.7815
Tastab	10.00	8.00	4.00	1.0	0.0079	0.0493	0.0301	0.0090	0.0391	0.0195	1.0	1.0	0.0079	0.0079	0.0493	0.0493	0.0301	0.0301	0.0090	0.0090	0.0391	0.0391	0.0195	0.0195
Tatsi	11.17	8.12	3.97	164.5	0.8650	4.8698	3.0335	0.9077	3.9448	1.9714	156.0	172.9	0.8352	0.8947	4.7162	5.0235	2.9399	3.1272	0.8798	0.9357	3.8230	4.0666	1.9106	2.0321
Tojyub	9.00	6.89	3.06	55.1	0.2280	1.1233	0.6738	0.2026	0.8764	0.4363	-0.2	110.3	0.0113	0.4448	0.0784	2.1683	0.0489	1.2986	0.0146	0.3907	0.0635	1.6892	0.0317	0.8409
Tzalam	27.57	9.09	3.04	53.0	2.7147	9.1788	11.8895	3.5672	15.4560	7.7284	49.2	56.8	2.5731	2.8563	8.4996	9.8580	11.2423	12.5367	3.3730	3.7614	14.6147	16.2973	7.3077	8.1491
Uchuche	9.69	8.21	4.44	104.4	0.5478	3.3500	2.0115	0.6021	2.6154	1.3072	99.6	109.2	0.5274	0.5682	3.2176	3.4824	1.9338	2.0893	0.5788	0.6253	2.5141	2.7166	1.2567	1.3578
Uvasche	7.00	4.00	2.00	35.4	0.1380	0.4581	0.2777	0.0831	0.3608	0.1822	104.4	104.4	0.5478	0.5478	3.3500	3.3500	2.0115	2.0115	0.6021	0.6021	2.6154	2.6154	1.3072	1.3072
Uvilla	10.39	8.00	3.92	25.7	0.1349	0.7906	0.4845	0.1444	0.6290	0.3144	19.1	32.3	0.1178	0.1521	0.7021	0.8791	0.4317	0.5373	0.1288	0.1600	0.5605	0.6974	0.2802	0.3486
Xuul	10.92	8.21	4.27	167.8	0.9515	14.9734	5.1335	1.5369	6.6778	3.3352	159.7	175.9	0.9312	0.9719	14.0434	15.9034	4.8758	5.3911	1.4597	1.6140	6.3428	7.0128	3.1676	3.5027
Yaiti	9.00	6.60	3.30	108.1	0.4437	1.9135	1.1534	0.3471	1.5004	0.7502	86.5	129.8	0.3577	0.5297	1.5756	2.2513	0.9516	1.3551	0.2863	0.4078	1.2375	1.7633	0.6190	0.8815
Yaxnik	17.97	8.94	3.64	10.0	0.2291	0.8997	0.9786	0.2935	1.2720	0.6360	9.2	10.8	0.2138	0.2444	0.8305	0.9689	0.9060	1.0512	0.2717	0.3153	1.1777	1.3663	0.5888	0.6832
Zapotill	6.00	5.00	2.33	53.1	0.1521	0.6597	0.3909	0.1185	0.5111	0.2547	53.1	53.1	0.1521	0.1521	0.6597	0.6597	0.3909	0.3909	0.1185	0.1185	0.5111	0.5111	0.2547	0.2547
TOTAL	**451.88**	**284.78**	**137.30**	**1630.7**	**13.5406**	**92.0677**	**54.3080**	**16.2829**	**70.6111**	**35.3038**	**1434.8**	**1964.8**	**12.4053**	**15.4956**	**84.8282**	**105.0912**	**50.1512**	**61.9322**	**15.0383**	**18.5653**	**65.2053**	**80.5257**	**32.6016**	**40.2562**

Donde: DN = Diámetro normal (cm), AT = altura total (m), AFL = altura de fuste limpio (m), NA = número de árboles (ha^{-1}), VFL = volumen de fuste limpio (m^3), VFT = volumen de fuste total (m^3), VTA = volumen total árbol (m^3), Biom = biomasa aérea (ton ha^{-1}), C = carbono contenido (ton ha^{-1}), LI = límite inferior, LS = límite superior.

Es importante hacer la diferenciación del "carbono almacenado" y del "carbono capturado", ya que el carbono almacenado es la cantidad total de carbono contenida en la biomasa, mientras que el carbono capturado o secuestrado es una medida del flujo dinámico del crecimiento anual de la biomasa (Dávalos, Rodríguez y Martínez 2008).

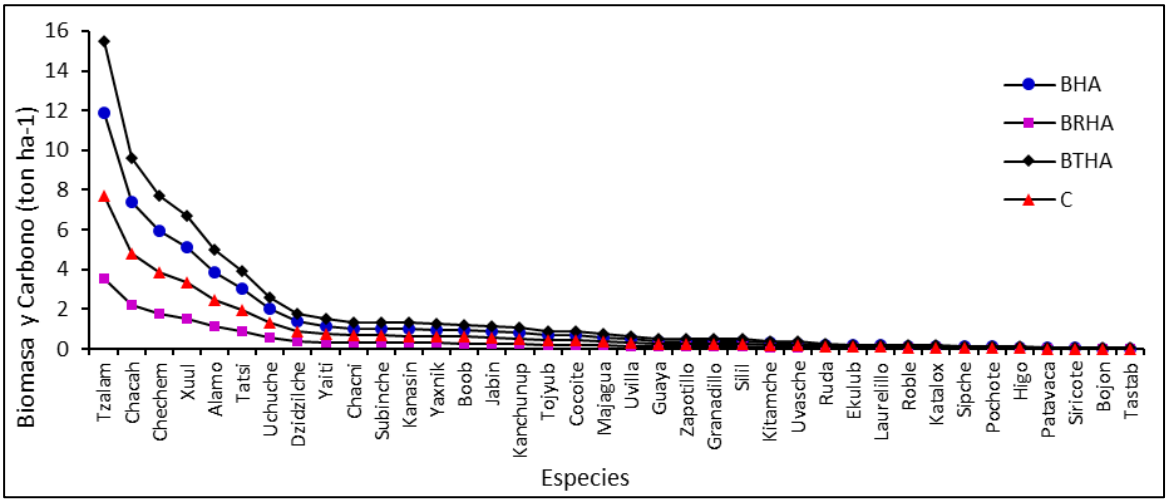
Figura 4.59. Biomasa y carbono almacenados (ton ha-1) en el predio "Rotonda", municipio de Playa del Carmen, Quintana Roo.



Por todo lo anterior, dado que se tiene que el carbono almacenado durante estos últimos 36 años es de 35.3038 ton ha^{-1}, tomando en cuenta que en 1988 el huracán Gilberto daño la zona norte del estado de Quintana Roo y en 1989 el gran incendio forestal arrasó completamente con toda la vegetación de la selva mediana subperennifolia existente en la zona. De esta forma, si se quiere estimar la tasa anual de captura de carbono por ha año^{-1}, la cantidad de carbono acumulado (35.3038 ton ha^{-1}) en un periodo de 36 años, es de 0.980

De las 38 especies presentes en el área, 11 de ellas: Tzalam, Chacah, Chechem, Xuul, Alamo, Tatsi, Uchuché, Dzidzilche, Yaiti, Chacni, Subinché concentran el 80.75 % del carbono almacenado, tal como se puede observar en la siguiente figura.

Figura 4.60. Biomasa y carbono almacenados (ton ha-1) en especies del predio "Rotonda, municipio de Playa del Carmen, Quintana Roo.



Escenarios de la captura de carbono

Tabla 4.97. Comparación de los diferentes escenarios de la captura de carbono en 7.98 ha del predio Rotonda, municipio de playa del Carmen, Quintana Roo.

ESCENARIO 1 (Sin cambio de Uso del Suelo de los Terrenos Forestales)	**ESCENARIO 2** (Con cambio de uso del Suelo de los Terrenos Forestales y sin medidas)	**ESCENARIO 3** (Cambio de Uso del Suelo de los Terrenos Forestales con Medidas de Mitigación)
7.8204 (+)	7.8204 (-)	12.1226 (+)

Como se puede apreciar en el **primer escenario**, si no hay cambio de uso del suelo en los terrenos forestales en la superficie de 7.98 has, la captura de carbono seguirá dándose en forma natural en un promedio de 0.980 ton ha^{-1} $año^{-1}$. Y que por la superficie total de 7.98 has será 7.8204 ton/año, por lo que este escenario es positivo.

Para el **segundo escenario**, si se realiza el desmonte y no hay ninguna actividad que lo mitigue, entonces se estará perdiendo una captura anual de carbono por la superficie total de 7.98 has de 7.8204 ton/año y el escenario es negativo.

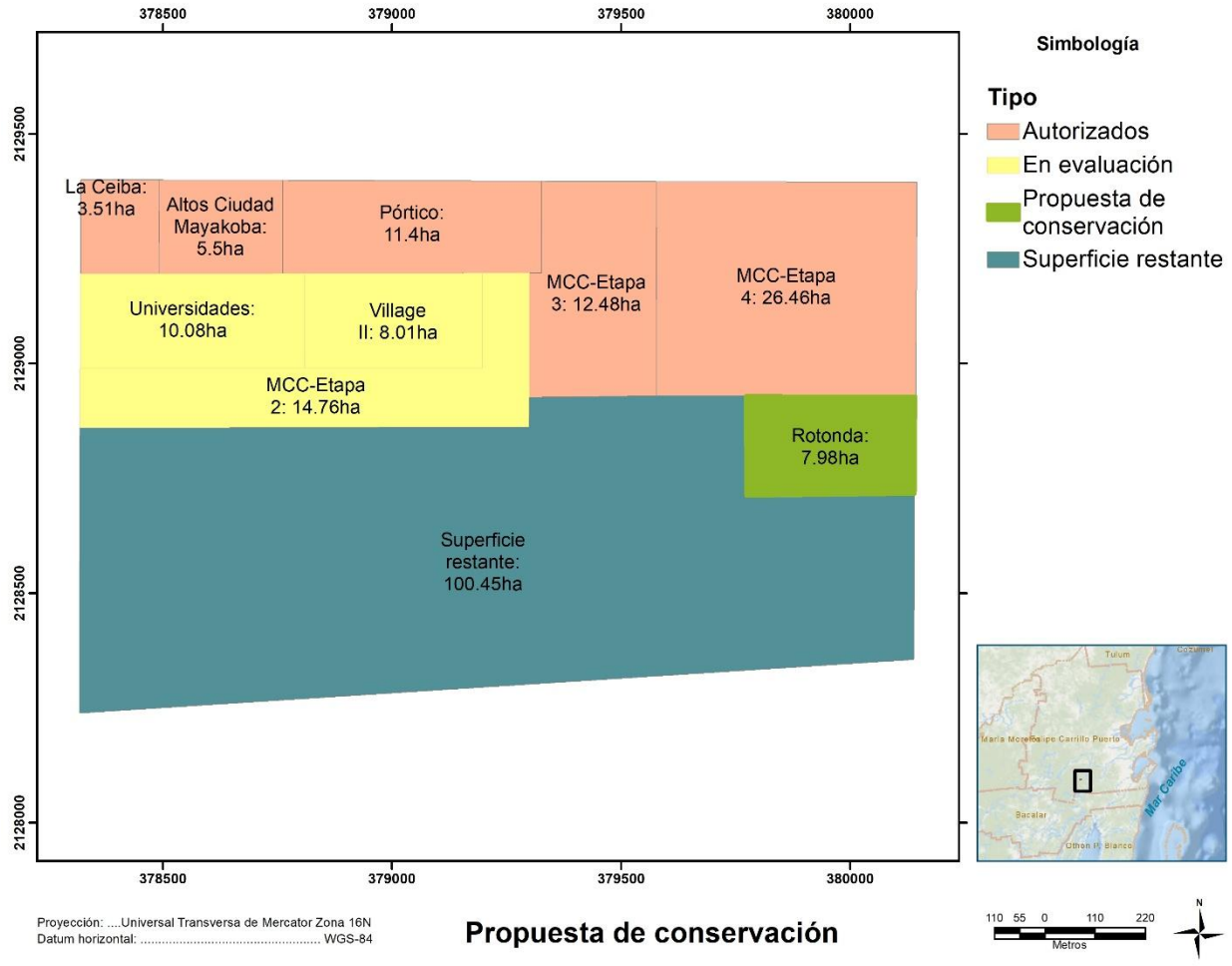
Para el **tercer escenario**, el cambio de uso del suelo de los terrenos forestales en las 7.98 has con actividades de mitigación para la captura de carbono, en la que se contemplan la creación de áreas ajardinada con una superficie de 1.73 has, la propuesta de rescate de plantas por una cantidad de 1,673 individuos que van hacer reforestados y de un polígono denominado esperanza limones de 200.62 has de los cuales se compromete a la conservación de 7.98 has (superficie similar de cambio de uso de suelo) que se encuentra ubicado en el municipio de Felipe Carrillo Puerto, Quintana Roo y que de acuerdo a la cartografía INEGI serie VII corresponde con una selva mediana subperennifolia vegetación secundaria arbórea y que su único objetivo es la conservación ecológica y que en total se tiene una captura total anual de carbono de 9.5158 toneladas/año y su valor es positivo.

Tabla 4.98. Diferentes escenarios del cambio de uso del suelo y captura de carbono.

Terrenos	Superficie (ha)	Captura anual de Carbono (ton ha-1)	Total de Carbono capturado (ton ha-1)
Área verde	1.73	0.980	1.6954
Predio La Esperanza-Limones *	7.98	0.980	7.8204
Total			**9.5158**

De las 200.06 has del predio, el promovente se compromete a cuidar y proteger una superficie de 7.98 has para la captura de carbono (Anexo 4.9).

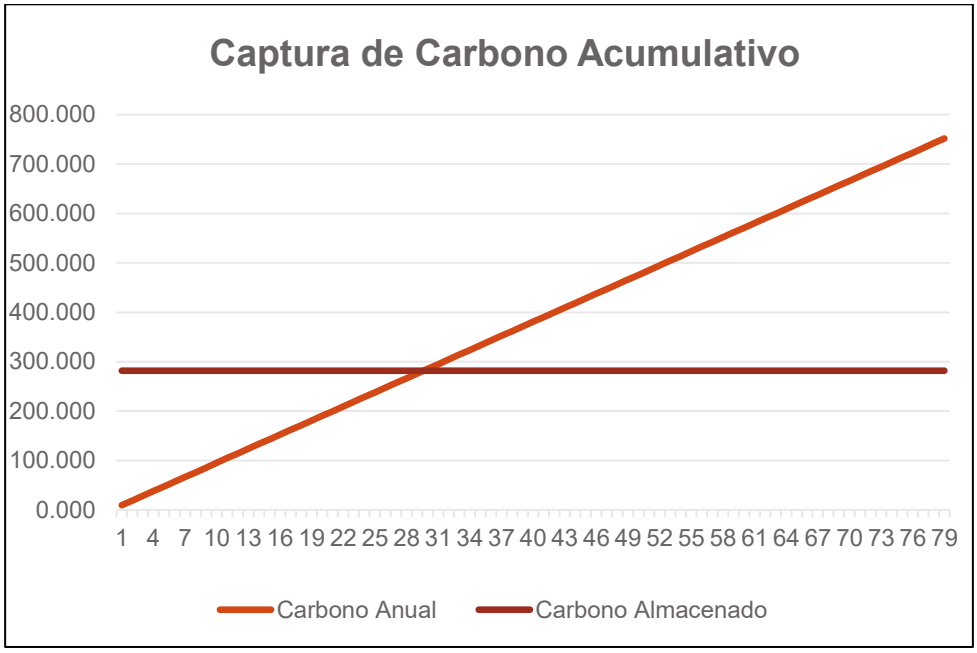
Figura 4.61. Superficies destinadas a la conservación del Predio "La Esperanza-Limones" con respecto a la propuesta de conservación para el Proyecto Rotonda.



Conclusiones de Captura de Carbono, Contaminantes y Componentes Naturales

Podemos decir que en las 7.98 has propuestas para el cambio de uso del suelo de los terrenos forestales, se tiene almacenado un total de 281.72 ton de carbono (0.980 ton/ha x 7.98 has x 36 años) y con el cambio de uso del suelo se dejará de capturar en ellas un total 7.8204 de ton año-1 de carbono, mismos que podrán ser recuperados con la propuesta del tercer escenario.

Figura 4.62. Grafica de recuperación de carbono.



Por lo anterior y con estos compromisos de mitigación, se puede recuperar en un lapso de 30 años el carbono total que es de 458.09 ton y a partir del año 31 se empezara a ganar carbono con una tasa promedio de 17.775 ton/año tal como se aprecia en la gráfica

Para minimizar los efectos se habrán de aplicar las siguientes medidas de mitigación:

- El desplante del Proyecto se deberá realizar dentro de las 7.98 ha propuestas para el CUSTF y que han sido definidas de acuerdo a los planos arquitectónicos. Con la permanencia de 2.66 ha de área natural, se promoverá la captura de las emisiones de carbono.

- Estará prohibida la quema de basura y material orgánico resultante de la limpieza o desmonte del terreno. Así corno el uso de leña en la preparación de los alimentos de los trabajadores. Por lo que el material producto del desmonte deberá ser triturado y composteado. Asimismo, en cuanto al consumo de alimento estos no deberán de ser preparados en el lugar, para ello se hará uso del comedor correspondiente dentro del área de trabajo. Además. en caso de utilizarse alguna fuente de gas se colocará un extractor de humos, y este deberá contar con un filtro para partículas suspendidas o grasas.

- Los equipos, maquinaria y camiones en los que se trasladarán los materiales producto de desmonte, despalme, transporte de personal, etc., deberán estar en buenas condiciones

mecánicas y de afinación, con la finalidad de que la emisión de humo, polvo y partículas suspendidas sea mínima.

- De ser posible se dará preferencia a uso de vehículos que utilicen gas LP o natural como combustible debido a su menor concentración de CO2. El gas LP es mayoritariamente metano, que es menos nocivo para la atmósfera que el combustible normal.

- Se deberá solicitar a los operadores de los vehículos de carga que cierren sus escapes, que no efectúen acelerones o calentamiento innecesarios de motores y solamente mantengan en funcionamiento el vehículo cuando se encuentran en tránsito dentro del Proyecto e instalaciones.

- Se deberá aplicar el Programa de rescate de flora nativa. Con esta medida se habrá de resguardar el germoplasma que contribuye en la captura de las emisiones de carbono.

- Se deberá establecer un vivero temporal donde se garantice la recuperación de las especies e individuos que sean rescatados y se alcance una sobrevivencia del 80%.

- Se deberá aplicar el Programa de Reforestación de aquellos espacios que así lo requieran, empleando todas los individuos y especies que hayan sido rescatadas dentro del predio.

4.4.4. Generación de Oxígeno

Contrario a lo que pudiera pensarse, las plantas no son generadoras o productoras de oxígeno, ya que durante el proceso de la fotosíntesis ellos absorben CO2 y liberan O y lo que se produce es glucosa, almidón y demás sustancias necesarias para las plantas, y de noche, no pueden "producir ni desechar" CO2 ya que es lo que utilizan para la realización de la fijación del carbono y del ciclo de Calvin. Sin embargo, para su proceso natural de respiración ellas si necesitan el oxígeno y liberan el CO2, por lo que también son fuentes de liberación de CO2 en la noche. Aunque parezca un poco contradictorio un árbol maduro se considera que tiene tasa cero en la captura y liberación de CO2 y su liberación de oxígeno es menor a un árbol joven.

Los grandes liberadores de oxígeno son los mares que aportan el 70% del oxígeno existente en el planeta y los árboles que en total liberan el 30% restante. Por tal motivo las plantas también compiten con los humanos por el oxígeno existente en el planeta, sin embargo, ellos han aprendido a utilizar menos de lo que absorben por lo que tienen más probabilidades de vivir más tiempo que los humanos que básicamente somos consumidores.

Por otra parte, se tiene que de acuerdo a datos proporcionados por el colegio Domingo Savio-Santa Rosa L P., las selvas liberan 6.67 toneladas de O2 (oxigeno) por hectárea por año, por lo que, considerando estos datos, es innegable que el cambio de uso del suelo va a contribuir a la perdida de la captura de O2. Sin embargo, si se toma en cuenta que la superficie a desmontar no es una superficie netamente selvática y que la vegetación existente en el lugar corresponde a una vegetación de selva mediana subperennifolia con vegetación secundaria entonces podemos considerar que la perdida de O2 por la superficie que representa (7.98 Ha) será de 53.22 toneladas por hectárea por año.

La remoción de la vegetación en el área sujeta a cambio de uso de suelo no afectará la generación de O2, en la zona donde se ubica el Proyecto de interés. En este caso, los efectos en la perdida de generación de O2, no son considerados significativos, ya que el impacto será en un área

puntual con respecto a la región, misma que se encuentra influenciada desde hace muchos años por el desarrollo turístico de la Riviera Maya. Asimismo, el proyecto mantendrá una cobertura vegetal natural o de conservación del orden de los 2.66 ha que quedará en pie formando parte del mismo. Adicionalmente, se debe citar que en la zona no existen fuentes fijas generadoras de contaminantes, por lo que las emisiones se reducen al tránsito de vehículos por las calles y carreteras de la región.

En resumen, se puede indicar que la construcción del Proyecto no afectará grandemente la producción de O2 y que este efecto será mínimo, puntual y reversible, sobre todo con la ayuda de las actividades de reforestación planteadas por el Proyecto dentro de la fracción del conjunto de predios bajo estudio.

4.4.5. Amortiguamiento del Impacto de los Fenómenos Naturales

Durante el verano, en el Caribe y el Golfo de México se generan fenómenos ocasionados por inestabilidades de baja presión lo que da lugar a la formación de tormentas tropicales. Estas dependiendo de la energía acumulada puede evolucionar para formar un ciclón o un huracán. Además de que Quintana Roo es el estado de la República Mexicana con mayor incidencia de huracanes. La temporada de estos fenómenos meteorológicos abarca de junio a noviembre y ocasionalmente pueden presentarse fuera de temporada.

De acuerdo con los registros, septiembre es el mes en que se manifiesta la mayor actividad de este tipo de fenómenos. Así entre los meses de agosto a octubre se origina el 80% de los huracanes de la temporada, y en septiembre tiene lugar el 40% de los que alcanzan las categorías mayores y con efecto más destructivo (Morales, 1993). La intensidad de los vientos durante un huracán varía según las condiciones climáticas que se presenten y van de los 120 a los 300 km/h, con ráfagas incluso superiores a ésta última.

En particular para el estado, existe la posibilidad de que estos fenómenos climáticos generados principalmente en el Mar Caribe afecten la zona costera y en particular el municipio de Solidaridad ya que este se encuentra en su radio de acción y aun cuando la mayoría de estos no tocan tierra y pasan por el canal de Yucatán, el efecto de sus vientos y oleaje provocan fuerte erosión en las costas del estado.

El huracán Gilberto incidió sobre las costas de Quintana Roo en septiembre de 1988 con categoría 5 por lo cual se le consideró el huracán de mayor intensidad que había impactado esta zona. Además, en el 2005 se manifestó el Huracán Wilma en 2005, el cual causó grandes pérdidas materiales y al medio ambiente debido a los potentes vientos y su duración, ya que se mantuvo prácticamente estacionado.

Algunos de estos fenómenos se presentan al finalizar la temporada de huracanes (noviembre), por lo que su trayectoria puede verse afectada por la incidencia de los Nortes o frentes fríos. Lo que ha ocasionado que se desvíen hacia el sur como fue el caso del huracán Mitch (1998), por lo que en recorrido impacto a los países centroamericanos. No obstante, en el estado se tuvo la incidencia directa sobre la franja costara cuyos efectos fueron fuertemente significativos, debido al oleaje de tormenta que se generó.

De cualquier manera, se reconoce que la presencia de aguas cálidas ya sea en el Mar Caribe o el Golfo de México, es la fuente de energía de los huracanes. Por ello cuando tocan tierra su fortaleza comienza de decrecer y de ahí la importancia de que el territorio cuente con amplias zonas

cubiertas de vegetación natural, la cual contribuye a la disipación o al menos a la pérdida del poder de destrucción de estos fenómenos.

Para el caso del Proyecto, se considera que la remoción de vegetación forestal en una superficie de 7.98 ha de selva mediana subperennifolia con vegetación secundaria arbórea será poco significativa para la mitigación de estos eventos. Lo anterior se sustenta en el hecho que de acuerdo con Jáuregui (1980) todos los huracanes y tormentas son de naturaleza destructiva y no existe barrera alguna que los pueda contener y que cuando han afectado la Entidad finalmente su recorrido se ha extendido al resto de los estados que conforman la península de Yucatán e incluso la cruzan para salir a las aguas del Golfo de México y afectar de manera severa las costas no solo de nuestro país sino también de las de los Estados Unidos de Norteamérica.

De acuerdo con lo anterior, los huracanes son de naturaleza destructiva, aunque de acuerdo con Raynal Villaseñor[17], también aportan beneficios para el ser humano y el planeta como son:

- Lluvias para zonas que de otra forma morirían por las sequías.
- Fuerza del agua para limpiar ríos y arroyos.
- Posibilidad de recargar los acuíferos.
- Agua para llenar presas.
- Mantener equilibrio en el calor de los océanos
- Arrastrar nutrientes en el mar a zonas que lo necesitan

Como en los casos anteriores, se puede indicar que la construcción del Proyecto no provocará cambios en los factores climáticos que repercutan en la modificación de las manifestaciones de la atmosfera ya que estas pueden ser mucho más severas que cualquier alteración generada por el ser humano. Aunque se debe confirmar que por ser de carácter natural prontamente son asimiladas por los ecosistemas que hayan sido afectados.

4.4.6. Modulación o Regulación Climática

Los espacios que cuentan con una cobertura vegetal contribuyen de manera directa a la regulación de los factores climáticos extremos. Para la zona de la Riviera Maya (tramo Solidaridad – Puerto Morelos), los registros refieren que se ubica dentro de una zona de clima Aw1 (x), mismo que se define como cálido subhúmedo. Dentro de este régimen y durante los meses de verano se llegan a alcanzar temperaturas extremas de hasta los 38 °C, razón por la cual las áreas naturales juegan un papel preponderante para minimizar los efectos de las altas temperaturas. Debido a que se requiere el desmonte de una superficie de 7.98 ha para el establecimiento del Proyecto, el microclima de una zona cubierta por vegetación forestal promoverá la modificación de varios factores:

- Incremento en la radiación solar. En la vegetación forestal, la densidad de la cubierta vegetal reduce el paso de la luz y el calor, situación que será modificada por el cambio de uso de suelo. Sin embargo, estos eventos tendrán menor impacto y repercusión de lo esperado debido a que la vegetación en mucho de los casos será sustituida por áreas ajardinadas con vegetación nativa.

[17] http://www.conacyt.gob.mx/comunicacion/Revista/198/Articulos/Huracanes/Huracanes02.htm

- La disminución de las temperaturas máximas en verano: En los ecosistemas mejor conservados, la cubierta vegetal representado por un dosel arbóreo intercepta el paso de los rayos solares, atenúa la fuerza del viento y retarda la irradiación del calor del suelo. La transpiración de las plantas también resta calor al medio. Como en el caso anterior, se debería esperar que esta situación sea modificada por el cambio de uso de suelo para el desarrollo del proyecto, ya que el ecosistema presente y que se pretende afectar alcanza alturas de hasta 8 m y se observa de forma homogénea colindante a la carretera federal

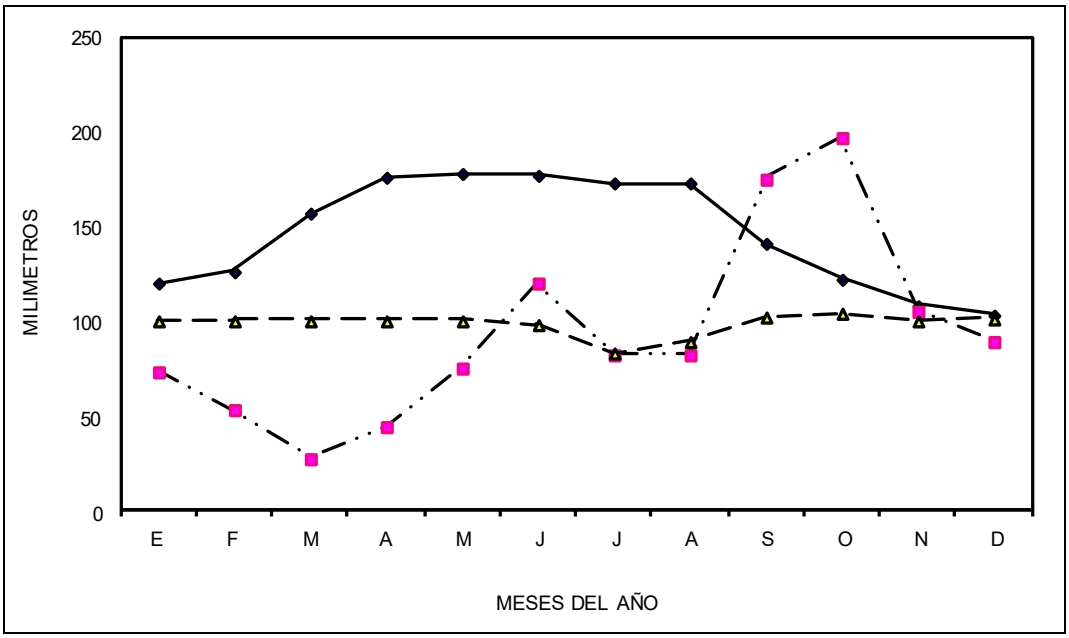
- La vegetación selvática reduce la fuerza del viento y, por lo tanto, disminuye la evaporación y su efecto desecador debido a los vientos secos. En estos ambientes, los árboles enfrentan unidos las inclemencias del clima, actuando en conjunto.

Con base en las consideraciones anteriores descritas, de la zona del Proyecto y tomando en cuenta que el 90% de la superficie del municipio de Solidaridad a la que pertenece el Proyecto se encuentra cubierto de vegetación característica de selva mediana, el aprovechamiento que propone el Proyecto no pone en riesgo las condiciones climáticas puesto que la infraestructura por establecer es la mínima necesaria. Además, y como se ha referido el predio cuentan aún con amplias áreas de cobertura natural que atenúa el paso de los huracanes y la modulación o regulación climática en virtud de la gran capacidad de regeneración que tienen los ecosistemas tropicales.

En contrapartida a lo antes expuesto, se debe referir que en la zona existe la presencia de vientos de este y sureste, que han surcado a través de las aguas del mar Caribe, por lo que generan altos valores de humedad situación que contribuye a mitigar las altas temperaturas que pueden llegar a prevalecer en la zona. Por ello en un balance hídrico de la región se puede apreciar que durante los meses de primavera y verano existe evaporación mucho más alta, con un promedio de 178 mm, que los que se captan por medio de la precipitación pluvial, lo cual es ocasionado por las altas temperaturas que se presentan en la zona.

Para el final del verano y principio del otoño, en donde las lluvias se manifiestan en la región, se compensan de manera significativa los volúmenes de humedad perdidos por evaporación (un promedio de 120 mm), siendo ésta una contribución importante para la recarga del acuífero. Además, se puede observar que la humedad relativa media anual oscila alrededor del 94.4 %, misma que se mantiene casi constante a través del año, recibiendo además aportes de aire marítimo tropical provenientes del mar Caribe. En lo que se refiere a la humedad máxima y mínima extremas mensuales, éstas comprenden aproximadamente el 97% y el 60% respectivamente.

Figura 4. 63. Valores de evaporación, humedad y humedad relativa en la zona costera de Quintana Roo.



Con base en las consideraciones anteriores, se observa que en la zona de interés aún se cuenta con grandes sectores cubiertos de vegetación de características selváticas, por lo que la modulación o regulación climática se encuentra mínimamente modificada y esta situación no variará dadas las dimensiones de los espacios que se habrán de transformar en andadores y edificaciones de distintas características. Además, también se señala que el aprovechamiento que propone el Proyecto no pone en riesgo las condiciones climáticas puesto que la infraestructura por establecer es la mínima necesaria. Aunado a lo anterior, el municipio de Solidaridad, aún registra amplísimas áreas que cuentan con la cobertura de selva natural y que en conjunto refiere alrededor de 203,464.44 ha (PDU de Playa del Carmen 2010-2050).

Como en los casos anteriores, se puede indicar que la construcción del Proyecto no provocará cambios en los factores climáticos que repercutan en el bienestar humano.

4.4.7. Protección de la Biodiversidad, de los Ecosistemas y Formas de Vida

4.4.7.1. Vegetación

Como se ha referido, el Proyecto se habrá de desplantar dentro de una superficie disponible de 10.64 ha, de las cuales se pretende realizar el CUSTF en 7.98 ha por ser terrenos que de acuerdo con los instrumentos de planeación (Programa de Ordenamiento Ecológico Local del Municipio de Solidaridad y Programa Parcial de Desarrollo Urbano El Jesusito), son aptos para el desarrollo y la promoción de actividades habitacionales-comerciales y que se cubren de una selva mediana subperennifolia con vegetación secundaria arbórea. Asimismo, se deberá tener en cuenta que el proyecto contempla la conservación de 2.66 ha de áreas verdes donde prevalecerá la cobertura natural de la selva mediana ya referida. Por lo que prevalecerán las condiciones para continuar con el desarrollo natural de la biodiversidad de la región y se verán medianamente afectadas por el Proyecto.

Asimismo, con la implementación del Programa de Conservación y Manejo de Ecosistemas y Especies se establecerán lineamientos que evitarán el deterioro total del sitio. El hecho de considerar acciones de rescate y reubicación de especies con estatus incluidas dentro de la NOM-059-SEMARNAT-2010, le permite al Proyecto ofrecer la garantía de que la biodiversidad y germoplasma se habrá de preservar.

De acuerdo al apartado correspondiente de la comparativa de flora, para la unidad de análisis (anexo digital 4.10) para la unidad de análisis se tiene que cuenta con un total de 82 especies en sus tres estratos consideradas como propias de la selva en proceso de sucesión. Así también para el predio del proyecto de acuerdo al anexo digital 4.8, se tiene que un total de 48 especies distribuidas en los tres estratos, de igual forma consideradas como propias de la selva en proceso de sucesión

Es importante mencionar que ambos predios cuentan con un gran número de especies leguminosas 14 en total para el predio de la unidad de análisis y 10 para el predio del proyecto, lo que significa que se encuentran en un proceso avanzado de sucesión.

En este caso, se considera que la diversidad de la flora del conjunto de predios de interés manifiesta una importante recuperación en su estructura, luego de las afectaciones históricas del paso de los distintos fenómenos hidrometeorológicos (Gilberto, 1988; Wilma, 2005, etc.), así como el desarrollo urbano (este último debidamente autorizado).

De acuerdo a los datos anteriores, se considera que la diversidad florística dentro de los ecosistemas selváticos ubicados al norte de la ciudad de Playa del Carmen y el municipio de Solidaridad en lo general, mantienen una adecuada estructura horizontal y vertical del ecosistema y la diversidad que ello conlleva, puesto que los estudios realizados indica que prevalece un área cubierta por la selva mediana subperennifolia, así como variantes de la misma que presentan manifestaciones de la vegetación secundaria y que en conjunto dentro del municipio de Solidaridad, se alcanza una cobertura combinada de 203,464.44 ha (PDU de Playa del Carmen 2010-2050).

Con el propósito de estimar las afectaciones que el proyecto pudiera generar en el ecosistema predominante, se ha llevado a cabo la comparación en el valor del índice de diversidad donde se incluyen las especies de los tres estratos presentes en el predio como son:

Arbóreo

De acuerdo a la tabla 5.1 (Anexo digital 4.8, tabla de especies comparativa flora Unidad de análisis – predio), se mantiene baja participación de especies arbóreas (con individuos de 1 hasta 5) para ambos predios, por lo que para el predio de la unidad de análisis se encontraron 58 especies en comparación con el predio que hay 35 y que en la unidad de análisis hay 1168 ind/ha en comparación con el predio que hay 719 ind/ha.

Por otro lado, las especies mejor representadas en este ecosistema en términos de densidad son: el shuul blanco (Lonchocarpus xuul) con 128 ind/ha, seguidos por el silil (*Diospyros tetrasperma*) con 105 y el chaca (*Bursera simaruba*) con 101 ind/ha. En tanto que para el predio del proyecto mejor representadas en el ecosistema en términos de densidad son: el chaca (*Bursera simaruba*) con 103 ind/ha, seguido por el tzalam (*Lysiloma latisiliquum)* con 88 ind/ha y el Shuul blanco (*Lonchocarpus xuul)* con 85 ind/ha.

Para el estrato arbóreo, se obtuvo el índice de Shannon y de acuerdo a los datos obtenidos se tiene que, tanto para la unidad de análisis como para el predio del proyecto, el resultado obtenido es de 4.79 y 4.18 respectivamente, por lo cual se refleja como alta diversidad para ambos, y esto es entendible en virtud de que ambos reportan la mayor cantidad de especies y estas se encuentran en proceso de recuperación. En cuento a los datos de “J” sus valores para ambas se consideran altos con 0.840 y 0.816.

De acuerdo a Índice de Valor de Importancia, para la unidad de análisis se tiene que en el estrato arbóreo las tres especies más importantes son el chechem (*Metopium brownei*) con el 19.85, seguido por el shuul blanco (*Lonchocarpus xuul*) con el 19.54 y en tercer lugar el chaca (*Bursera simaruba*) con 18.42, en tanto que para el predio del proyecto las especies más importantes son el tzalam *(Lysiloma latisiliquum)* con 34.48 seguido por el chaca (*Bursera simaruba)* con 32.74 *y en* en tercer lugar el chechem (*Metopium brownei)* con 27.39, estás tres especies son muy comunes encontrarlos en estas zonas del estado por lo que son representativas.

Arbustivo

De acuerdo con los valores de la tabla 5.3 (Anexo digital 4.8) se puede observar que existe, una alta participación de los elementos considerados arbustivos, ya que se puede observar en este estrato la presencia de especies mayores de 100 ind/ha de un total de 2214 ind/ha para la unidad de análisis. Entanto que para el predio del proyecto se puede observar en este mismo estrato la presencia de especies mayores de 30 ind/ha de un total de 714 ind/ha

En la unidad de análisis se observó que la eugenia (*Eugenia mayana*) tiene el valor más alto con 768, seguido por el dzidzilche (*Gymnopodium floribundum*) con 286 y en tercer lugar la pata de vaca (*Bauhinia divaricata*) con 214 ind/ha cada uno, en tanto que para el predio del proyecto el dzidzilche (*Gymnopodium floribundum)* tiene la mayor densidad con 298, seguido de la majahua blanca (*Hampea trilobata*) y el guano blanco (*Sabal yapa)* con 119 ind/ha, y en en tercer lugar las palmas chit y nakas (*Thrinax radiata* y *Coccothrinax readii) con 60* ind/ha respectivamente.

Para el estrato arbustivo, se obtuvo el índice de Shannon y de acuerdo a los datos obtenidos se tiene que, para la unidad de análisis los resultados de la prueba nos indican que presenta una moderada diversidad (3.03), en tanto que, para el predio del proyecto, presenta una baja diversidad (2.43). En cuanto a su equitatividad estas son altas ya que se obtuvieron valores de 0.878 y 0.868.

De acuerdo a Índice de Valor de Importancia, para la unidad de análisis se tiene que en el estrato arbustivo las tres especies más importantes son: la la eugenia (Eugenia mayana) con 63.66, seguido por el dzidzilche (*Gymnopodium floribundun*) con 40.80 y en tercer lugar el guano blanco (*Sabal yapa*) con 37.46, en tanto que para el predio del proyecto las tres especies más importantes son el dzidzilche (*Gymnopodium floribundum) con 122.70,* seguido por la majagua blanca (*Hampea trilobata*) con con 65.60 y en tercer lugar la pata de vaca (*Bauhinia divaricata),* estas tres especies son comunes y no tienen ningún problema de adaptación en estos terrenos, por lo que las especies se encuentran muy bien representadas en este estrato. Además, se pretende la aplicación de un programa de rescate.

Herbáceo

De acuerdo con los valores de la tabla 5.5 (Anexo digital 4.8), para la unidad de análisis se puede anotar que existe alta presencia de los elementos considerados herbáceos, ya que se puede observar en este estrato la presencia de 13 especies con un total de 14,166 ind/ha en comparación con el predio en la que se observó que hay 6 especies y un total de 10,001 ind/ha.

En la unidad de análisis el sac ak (*Cydista potosina),* cuenta con el mayor numero de individuos al presentar 3833 ind/ha seguido por el yax ak *(Arrabidaea podopogon)* y el xiat *(Chamaedorea seifrizii*) con 1667 ind/ha y en tercer lugar el chilar (*Rivina humilis*), Tulipancillo (*Malvaviscus arboreus*) e Xnantus (*Ichnanthus lancelatus*) con 1333 ind/ha cada uno. Para el predio del proyecto existe una alta participación de los elementos considerados herbáceos, ya que se puede observar en este estrato la presencia de almenos dos especies con 278 ind/ha de un total de 10,001 ind/ha para el predio del proyecto. De éstos el chilar (*Rivina humilis)* es el más alto valor de densidad con 5,000 ind/ha, seguido por el pasto xnantus (*Ichnanthus lanceolatus)* con 2,222 ind/ha y el bejuco sac ak (*Bignonia potosina*) con 1,667 ind/ha.

Para este estrato herbáceo, se obtuvo el índice de Shannon y de acuerdo a los datos obtenidos se tiene que, para la unidad de análisis los resultados de la prueba nos indican que presenta una moderada diversidad (3.03), en tanto que, para el predio del proyecto, presenta una baja diversidad (1.93) si se toma en cuenta que a partir de valores mayores de tres son diversos y de bajo de este valor el estrato es pobre.

Estos resultados son razonables en virtud a que el tipo de vegetación existente en ambos predios es una selva mediana subperennifolia en etapa arbórea y que las especies herbáceas son escasas. En cuento a los datos de “J” sus valores se consideran altos (0.970 y 0.747) respectivamente.

De acuerdo a Índice de Valor de Importancia, para la unidad de análisis, se tiene que en el estrato herbáceo las tres especies con más valor de importancia fueron el bejuco sac ak (*Bignonia potosina*) con 67.26, seguido por el yax ak (*Arrabidea podopogon*) con 54.19 y en tercer lugar el chilar *(Rivina humilis)* con 41.24, en tanto que para el predio del proyecto las tres especies con más valor de importancia fueron: el chilar (*Rivina humilis*) con 108.06 seguido por xnantus (*Ichnanthus lanceolatus*) con 84.06 y en tercer lugar el sac ak (*Bignonia potosina*) con 63.11, Además, se pretende la aplicación de un programa de rescate.

Por otra parte, se debe considerar que a través de las distintas actividades que involucran el cambio de uso de suelo para el desarrollo del Proyecto, se promoverán medidas para garantizar que la biodiversidad de los ecosistemas no se vea afectado de manera dolosa, lo que incluye la aplicación del programa de rescate de flora y de restauración de aquellos espacios con tendencia a un mayor grado de deterioro.

Una consideración adicional, indica que para **la selva mediana subperennifolia conservada se ha estimado valores del índice de diversidad de Shannon-Wiener para el estrato arbóreo del orden 4.0 para la selva antes del huracán Gilberto (Sánchez 1983) y de 3.8 para el mismo estrato después del paso de dicho fenómeno (Trejo, 2000). Para el caso, se han alcanzado valores muy similares a los reportados para la región**. De esta manera, la fase en la que se encuentra el ecosistema en la zona del proyecto conlleva una fuerte recuperación de diversidad florística en el estrato arbóreo.

En este caso, también se debe referir que en ambos ecosistemas (unidad de análisis – predio del proyecto) se distribuye prácticamente el mismo elenco de especies, considerando la relevancia de aquellas que más aportan en número mayores de 10 cm de diámetro al ecosistema como son: el chaca (Bursera simaruba) con 100 elementos en ambos ecosistemas, el shuul blanco (Lonchocarpus xuul) con 128 y 85 ind/ha, el chechem negro (Metopium brownei) ambos con 75 ind/ha, alamo, el tzalam (Lysiloma latisiliquum) con 99 y 88, ind/ha el alamo (Ficus cotinifolia), con 77 y 33, ind/ha, el tadzi (Neea psychotrioides) con 53 y 52 ind/ha, ind/ha entre otros.

Tabla 4.99. Algunas de las especies presentes en ambas localidades con mayor número de individuos.

N. Común	N. Científico	Unidad de análisis. Ind/ha	Predio
			Ind/ha
Alamo	*Ficus cotinifolia*	**77**	**33**
Boichic	*Coccoloba spicata*	46	22
Canchunup	*Thouinia paucidentata*	38	27
Chaca	*Bursera simaruba*	**101**	**103**
Chechen negro	*Metopium brownei*	**75**	**75**
Jabin	*Piscidia piscipula*	29	13
Kanazin	*Lonchocarpus rugosus*	60	28
Shuul blanco	*Lonchocarpus xuul*	**128**	**85**
Silil	*Diospyros tetrasperma*	**105**	8
Tadzi	*Neea psychotrioides*	**53**	**52**
Tzalam	*Lysiloma latisiliquum*	**99**	**88**
Uchuche	*Diospyros salicifolia*	17	35
Ya'axnik	*Vitex gaumeri*	27	17
Yaiti	*Gymnanthes lucida*	17	13

En este sentido, el desarrollo del proyecto no tendrá un efecto crítico sobre la diversidad de especies. Además de que se deberá propiciar su restablecimiento por lo que se contempla que el proyecto cuente con 2.66 ha de áreas verdes que conservaran su cobertura natural de la selva mediana subperennifolia/vegetación secundaria arbórea y se habrá de aplicar un programa de rescate de flora y otro de reforestación, lo que habrá de contribuir a lograr la conservación del germoplasma propio de los ecosistemas selváticos del norte de Quintana Roo.

Por otra parte, de acuerdo a los datos anteriores, se considera que la diversidad florística dentro de los ecosistemas selváticos ubicados a lo largo de la cuenca hidrológico forestal (unidad de análisis) y el predio de interés mantienen una estrecha similitud, sin importar en algunas situaciones se haya perdido la estructura horizontal y vertical del ecosistema.

Para poder determinar este parámetro, se ha aplicado el índice de similitud de Jaccard de acuerdo con el algoritmo que se expresa como:

$$j= S12/(Sl + S2)-S12=$$

El índice de Jaccard, también conocido como coeficiente de similitud de Jaccard, es una medida estadística utilizada para cuantificar la similitud entre dos conjuntos. Se define como el tamaño de la intersección dividido por el tamaño de la unión de los conjuntos de muestras. Este índice es particularmente útil en varios campos, incluida la ecología,

El valor del índice de Jaccard varía de 0 a 1, donde 0 indica que no hay similitud entre los dos conjuntos y 1 indica similitud completa. Un valor más alto del índice Jaccard significa un mayor grado de similitud entre los conjuntos que se comparan. Por ejemplo, un índice de Jaccard de 0.5 sugiere que la mitad de los elementos de la unión de los dos conjuntos se comparten entre ellos.

En cuanto al índice de similitud de Jaccard

De acuerdo a los resultados obtenidos en cada uno de los estratos, el valor más alto es en estrato arbóreo con 0.706 de similitud, seguido con el estrato arbustivo con 0.636 y en tercer lugar el estrato herbáceo con el 0.538.

Realizando la similitud de la unidad de análisis y el predio del proyecto con el total de las especies de cada uno, se tuvo una similitud de 0.5853659 lo que nos indica que el predio tiene una alta similitud respecto de la unidad de analisis.

Índice de Jaccard de todos los estratos				
INDICE DE SIMILITUD	**Especies compartidas**	**U. de Análisis**	**Predio**	
j= S12/ (Sl + S2)-S12=	48	82	48	**0.5853659**

Por otra parte, y en el sentido general, se debe considerar que estos ecosistemas son correspondientes con distintas fases sucesionales la cual alcanza un poco más de 30 años y que se ha referido los efectos corresponden con el paso del Huracán Gilberto (1988) y Wilma (2005) así como los incendios generados en 1989 los cuales fueron identificado como un evento catastrófico que diezmó los ecosistemas de la zona norte del Estado.

Asi mismo, se debe considerar que a través de las distintas actividades que involucran el cambio de uso de suelo para el desarrollo del Proyecto, se habrán **promover medidas para garantizar que la biodiversidad de los ecosistemas no se vea afectados de manera dolosa, lo que incluye la aplicación del programa de rescate de flora y de restauración de aquellos espacios con tendencia a un mayor grado de deterioro**.

Por lo que se contempla la aplicación de las siguientes medidas de mitigación:

- Previo al inicio de los trabajos correspondientes a la etapa de preparación del sitio se impartirá a los trabajadores capacitación sobre el desarrollo del proyecto.

- En los sitios destinados como área verde se conservará la vegetación existente, incorporándose al diseño del Proyecto.

- Se delimitarán físicamente las áreas de aprovechamiento, con el fin de evitar afectaciones e invasiones que puedan disminuir la superficie de conservación o dañar a la vegetación presente en ella.

- En cuanto al personal que labore, en el proyecto quedará prohibida extraer de la zona del proyecto algún tipo de planta de ornato que pudiese encontrarse en el momento de realizar sus labores, así como de la fauna existente.

- Se Implementará un programa de rescate de la vegetación en las áreas de desmonte, con especial énfasis en las especies consideradas en la NOM-SEMARNAT-059-SEMARNAT-2010.

- Se promoverá la reforestación con plantas nativas producto del rescate en las áreas verdes y ajardinadas del proyecto.

- Se contará con sanitarios portátiles para el uso obligatorio de los trabajadores que laboren en las etapas de preparación y construcción del Proyecto (a razón de 1 por cada 15 trabajadores).

- Se contará con contenedores para el almacenamiento de los residuos sólidos para su posterior traslado al basurero municipal.

- Que como parte de las medidas de mitigación que se mantendrá un programa de limpieza periódica del sitio de obra.

- Se instalará letreros alusivos a prohibir el uso del fuego dentro del área del Proyecto, (señalamientos restrictivos, preventivos e informativos sobre la flora).

4.4.7.2. Fauna

En cuanto a la fauna, podemos que mencionar que la selva de Quintana Roo, en específico la de la unidad de análisis (subcuenca “d”) ha sido de alguna manera modificada en su estructura natural al realizarse el sistema agrícola tradicional de Roza-Tumba-Quema, agropecuarias y turismo, además del gran número de huracanes e incendios forestales que han impactado a lo largo de toda la región, durante décadas, a pesar de todo esto, esta vegetación mantiene una diversidad de especies de fauna importantes para el equilibrio ecológico del ecosistema tanto de la unidad de análisis como del predio a continuación se presenta la tabla correspondiente a la fauna presente en ambos predios y del cual así se presenta en el siguiente análisis (anexo digital 4.8).

Del total de las especies presentes (75), para la unidad de análisis y el conjunto de predios del proyecto se tiene que la mayoría corresponden al grupo de las aves, teniendo una mayor presencia en el área de la unidad de análisis con un total de 171 individuos, de 38 especies, en tanto que en el predio se observan 87 individuos de 18 especies y se comparten 15. Para los mamíferos presentes en la unidad de análisis, se observaron 35 individuos de 15 especies y en el predio del proyecto son 17 individuos de 5 especies , y del mismo modo se comparten 5, así también para los reptiles solo se reportan 52 individuos de 17 especies para la unidad de análisis y 14 individuos de 4 especies para el predio del proyecto y de igual forma se comparten 4, Para el caso de los anfibios se reportan 16 individuos de 6 especies para la unidad de análisis y 8 de 3 especies para el predio del proyecto y se comparten 3.

Es importante mencionar que en el caso de la fauna para las aves y los mamíferos es entendible ya que la unidad de análisis y el predio del proyecto se encuentra inmerso en una superficie mayor y por ende tienen espacios por donde la fauna puede desplazarse, así también estos grupos no

necesariamente se encuentran en el sitio en forma permanente si no que muchos son de paso y que por sí solos se alejan al menor ruido.

Sitios de anidación de aves, refugio, alimentación y reproducciones de las especies residentes, en riesgo, endémicas y migratorias

Durante los trabajos de muestreo del predio del proyecto **no se registraron sitios particulares** o zonas de anidación, refugio y alimentación de individuos de una especie o de varias especies de aves. Por otra parte, la vegetación ofrece alimento a las especies de fauna (frutos, semillas, insectos, néctar, etc. Pero, tampoco se ha detectado alguna zona o sitio en el área del Proyecto o en Ciudad Mayakoba que sobresalga por estos eventos. En todo caso se ha observado que las especies de fauna se alimentan, se refugian y anidan en todo el Proyecto.

Patrones de distribución de las especies de mamíferos, reptiles, anfibios y aves predio

No hay un estudio sobre los patrones de distribución de las especies vertebradas en el conjunto predios de proyecto. La fauna registrada en la zona tiene hábitos preferentemente silvestres. Es decir, la mayoría habita en la selva de la zona, pocas especies se avecinan a las zonas urbanizadas. P ej. la iguana rayada (*Ctenosaura similis*), la chara azul (*Cyanocorax yucatanicus*), el abaniquillo pardo (*Anolis sagrei*), etc.

En este sentido El proyecto a sus alrededores aún se mantiene vegetación nativa, asi como corredores biológicos ubicados estregicamente dentro del macro proyecto al cual pertenece el mismo por lo que estos sitios naturalmente son donde la fauna se desplazará o transitará una vez que inicien las actividades autorizadas, Las medidas de mitigación y compensación que se pretende seguir para no afectar a la fauna en el proyecto, derivado de las actividades autorizadas se presentan en el capítulo 7 garantizando su aplicación.

Análisis de diversidad e IVI

Los cálculos de la prueba de Diversidad de Shannon-Wiener, se realizó por medio del paquete BioDiversity Pro, así también se calculó el valor de Equitatividad (J) así como el análisis del IVI y los resultados son los siguientes:

Aves

Los resultados obtenidos de la prueba de Shannon en este grupo de aves, tanto para el predio de la unidad de análisis como para el predio del proyecto esta se considera como de alta diversidad presentando 4.90 y 3.60 respectivamente, Es importante mencionar que las aves en general no necesariamente se encuentran en el sitio en forma permanente si no que muchas son de paso y que muchas por si solas se alejan al menor ruido. En cuanto al valor de “J” para ambos predios se considera alto, (0.935 y 0.922), lo que nos indica que hay equitatividad entre las especies.

De acuerdo a la abundancia relativa, en relación a las aves se tiene que para el predio de la unidad de análisis las tres especies con más alto valor son. valor la golondrina (*Hirundo rustica*) con un valor de 8.18 seguido por el loro frente blanca (*Amazona albifrons*) con 7.01 y en tercer lugar se ubican el zopilote (*Coragyps atratus*), con 6.43, en tanto que para el predio del proyecto las tres especies con más alto valor son: el Zanate (*Quiscalus mexicanus*) con un valor de 18.391 seguido por la Chara azul (*Cyanocorax yucatanicus*) con 13.793 y en tercer lugar se ubica el Cenzontle tropical (*Minus gilvus*), con 10.345.

Mamíferos

Los resultados obtenidos de la prueba de Shannon en este grupo de aves, para el predio de la unidad de análisis se considera como de alta diversidad presentando 3.61 en tanto que para el predio se considera baja con 1.85 respectivamente, por otra parte, hay que tomar en cuenta que los mamíferos no necesariamente se encuentran en el sitio en forma permanente si no que muchos son de paso por la constante búsqueda de alimento. En cuanto a su equitatividad se considera alta (0.949 y 0.797) para ambos predios, respectivamente) ya que las pocas especies tienden a la homogeneidad.

De acuerdo a la abundancia relativa, en relación a los mamíferos se tiene que para el predio de la unidad de análisis la especie la única especie con un valor alto comparativamente con las demás fue el Tejón (*Nasua narica*) con el 17.143, seguido por la Ardilla yucateca (*Sciurus yucatanensis*) y el mapache (*Procyon lotor*) con 11.42 y en tercer lugar el Murciélago Frutero (*Artibeus jamaicensis*) y el ratón yucateco (*Peromyscus yucatanicus*) con 8.57, en tanto que para el predio del proyecto la única especie con un valor alto comparativamente con las demás fue el tejón (*Nasua narica*) con el 52.941 seguido por el tlacuache (*Didelphis marsupialis*) con 17.647 y finalmente la ardilla yucateca (*Sciurus yucatanensis*) con una abundancia similar de 17.647 respectivamente. Estas especies se adaptan bien a la presencia humana y en algunos casos cuando no son molestados sus poblaciones se incrementan rápidamente llegado a ser una molestia.

Reptiles

Los resultados obtenidos de la prueba de Shannon en este grupo de reptiles para la unidad de análisis es de 3.76 lo que nos indica que se considera la zona como de alta diversidad y es justificable ya que es una superficie mayor, no así para el predio del proyecto en el que el resultado es de 1.61, considerándose como poco diverso, es importante mencionar que este grupo es un poco difícil de observar a simple vista y esto dificulta obtener datos de un gran número de los mismos, por otra parte, dada a las altas temperaturas son pocos los individuos que pueden estar a cualquier hora del día, en cuanto a su equitatividad “J” nos indican que ambos grupos tienden a la equitatividad con 0.921 y 805, por otra parte, la promovente aplicará un programa de rescate y reubicación.

En cuanto a la abundancia relativa se encontró que, de las tres especies encontradas en la unidad de análisis, la mayor abundancia la registra la Iguana Rayada, Garrobo (*Ctenosaura similis*) cuya especie es la más abundante con un valor de 17.30; En comparación con el Cuija, Besucona (*Hemidactylus frenatus*) y el Chipojo (*Anolis sericeus*) con 11.53 respectivamente y finalmente la Ranera Oliva (*Leptophis mexicanus*) con 9.61, en tanto que para el predio del proyecto se puede ver al Tolok (*Basiliscus vittatus*) cuya especie es la más abundante con un valor de 57.143, en comparación con la iguana rayada (*Ctenosaura similis*) con 21.429 respectivamente y finalmente la Boa (Boa imperator) con 14.286.

Anfibios

Los resultados obtenidos de la prueba de Shannon en este grupo de anfibios tanto para la unidad de análisis como para el predio del proyecto, se considera poco diverso y los resultados obtenidos fueron de 2.22 y 1.50, respectivamente. Este grupo es pobre sobre el parámetro de diversidad lo que nos refleja que son muy pocas las especies presentes en ambas áreas de análisis y es justificable ya que los anfibios no siempre pueden observarse a simple vista además de que al momento del muestreo la presencia de personal ocasiona ruido y esto genera que la fauna tienda

alejarse de la zona por otra parte las altas temperaturas influyen de manera directa, generando muy poca visibilidad de la misma y por lo mismo no se obtiene un gran registro de ella. En cuanto al valor de J, este es alto con un valor de 0.861 y 0.946 respectivamente.

En cuanto a la abundancia relativa en este grupo las especies son muy escasas y de acuerdo a los resultados obtenidos para la unidad de análisis se puede ver. En relación a la abundancia relativa se puede ver a la rana de hojarasca (*Leptodactylus melanonotus*) con 43.75, seguido por la rana arborícola (*Smilisca baudinii*) con 18.75, y en tercer lugar la rana arborícola trompuda (*Scinax staufferi*) y sapo costero (*Incillius valliceps*) con 12.50. En tanto que para el predio del proyecto se puede ver a el sapo marino (*Rhinella marina*) con 50, seguido por la ranita de hojarasca (*Leptodactylus melanonotus*) con 25 y rana trepadora (*Smilisca baudinii*) con 25 respectivamente.

De manera complementaria, para el caso de la distribución de la fauna silvestre también se ha aplicado el índice de similitud de Jaccard de acuerdo con el algoritmo antes expresado:

$$j= S12/ (SI + S2)-S12=$$

El índice de Jaccard, también conocido como coeficiente de similitud de Jaccard, es una medida estadística utilizada para cuantificar la similitud entre dos conjuntos. Se define como el tamaño de la intersección dividido por el tamaño de la unión de los conjuntos de muestras. Este índice es particularmente útil en varios campos, incluida la ecología,

El valor del índice de Jaccard varía de 0 a 1, donde 0 indica que no hay similitud entre los dos conjuntos y 1 indica similitud completa. Un valor más alto del índice Jaccard significa un mayor grado de similitud entre los conjuntos que se comparan. Por ejemplo, un índice de Jaccard de 0.5 sugiere que la mitad de los elementos de la unión de los dos conjuntos se comparten entre ellos.

Como se puede observar los resultados nos indican que los valores más altos de similitud entre la unidad de análisis y el predio son el grupo de los anfibios con 0.5 de similitud, seguido por el grupo de las aves con 0.394, y en tercer lugar el grupo de los mamíferos con 0.357.

Índice de Jaccard de todos los grupos faunísticos				
INDICE DE SIMILITUD	**Especies compartidas**	**U. de Análisis**	**Predio**	
j= S12/ (SI + S2)-S12=	**27**	**75**	**27**	**0.360**

Se realizó también la prueba de Jaccard de similitud tomando en cuenta todas las especies de todos los grupos de las zonas comparativas y el resultado da un valor de 0.360 lo que nos indica que hay similitud baja.

Por otra parte, y en el sentido general, se debe considerar que estos ecosistemas son correspondientes con distintas fases sucesionales la cual alcanza un poco más de 30 años y que se ha referido los efectos corresponden con el paso del Huracán Gilberto (1988) y Wilma (2005) así como los incendios generados en 1989 los cuales fueron identificado como un evento catastrófico que diezmó los ecosistemas de la zona norte del Estado. Además, se debe señalar que toda esta zona se encuentra influenciada por la ciudad de Playa del Carmen al suroeste y la carretera federal 307 Reforma Agraria Puerto Juárez que es el principal medio de comunicación terrestre en la región.

En general para la fauna silvestre, se debe señalar que de manera contrastante un alto porcentaje de las especies identificadas suele convivir muy cerca del ser humano como son el zanate (*Quiscalus mexicanus*), cenzontle (*Mimus gilvus*) la ardilla (*Sciurus yucatanensis*), tlacuache (*Didelphis marsuplialis*). Además, se **promoverán medidas para garantizar que la biodiversidad de los ecosistemas no se vea afectados de manera dolosa, lo que incluye la aplicación del programa de rescate de fauna y de conservación de áreas de importancia**.

Por lo que se contempla la aplicación de las siguientes medidas de mitigación:

- Previo al inicio de los trabajos correspondientes a la etapa de preparación del sitio se impartirá a los trabajadores capacitación sobre el desarrollo del proyecto.

- En los sitios destinados como área verde se conservará la vegetación existente, incorporándose al diseño del Proyecto.

- Se delimitarán físicamente las áreas de aprovechamiento, con el fin de evitar afectaciones e invasiones que puedan disminuir la superficie de conservación o dañar a la vegetación presente en ella.

- En cuanto al personal que labore, en el proyecto quedará prohibida extraer de la zona del proyecto algún tipo de planta de ornato que pudiese encontrarse en el momento de realizar sus labores, así como de la fauna existente.

- Se Implementará un programa de rescate de la vegetación en las áreas de desmonte, dando atención a las especies consideradas en la NOM-SEMARNAT -059-SEMARNAT-2010, así como un programa de ahuyentación y en su caso el rescate de especies de fauna.

- Se promoverá la reforestación con plantas nativas producto del rescate en las áreas verdes y ajardinadas del proyecto.

- Se contará con sanitarios portátiles para el uso obligatorio de los trabajadores que laboren en las obras de preparación del sitio, (a razón de 1 por cada 15 trabajadores),

- Se contará con contenedores para el almacenamiento de los residuos sólidos para su posterior traslado al basurero municipal.

- Que como parte de las medidas de mitigación que se mantendrá un programa de limpieza periódica del sitio de obra.

- Se instalará letreros alusivos a prohibir el uso del fuego y químicos dentro del área del proyecto, así como de molestar y/o capturar a la fauna. (señalamientos restrictivos, preventivos e informativos sobre la fauna).

4.4.8. Protección y Recuperación de Suelos

La cubierta vegetal juega un papel muy importante en la cobertura del área sujeta a cambio de uso de suelo (7.98 ha), tal es el caso que al desmontar y/o impactarla por algún acontecimiento natural o inducido, el suelo queda expuesto a sufrir erosión, sin embargo este proceso es relativamente rápido ya que es utilizado para otro objetivo ya sea construcciones, actividades agropecuarias o desarrollos comerciales y/o en su caso se inicia un proceso de recuperación por lo que es importante mencionar que aun con todo el deterioro que sufre la vegetación por estas acciones, esta se encuentra en franco proceso de recuperación por lo que el suelo muy pocas veces se queda sin cubierta vegetal y la susceptibilidad de erosión tanto hídrica como eólica se considera sin degradación aparente.

Como bien lo indican los resultados estimados para el Proyecto, de acuerdo al estudio de erosión (Capítulo 6), los valores de erosión para los diferentes estados en los que se encontrará el predio a lo largo del proyecto y en este se presentan las tasas de erosión durante las diferentes etapas del proyecto en lo que corresponde a la condición actual y después del desmonte, ya que existe la vegetación como un obstáculo para que la lluvia o el viento ejerza una fuerza erosiva importante en el predio.

Con base a lo anterior, se puede indicar que la pérdida de suelo en condiciones de campo natural a lo largo de un año es de 0.4630 t/ha año. Es decir, anualmente de manera natural se pierde una lámina de suelo de 0.0463 mm (considerando que 1 mm de suelo es igual a 10 t/ha de suelo).

Esta condición natural es clara y coherente, debido que, en el predio bajo estudio, la vegetación secundaria derivada de selva mediana subperennifolia actualmente ofrece condiciones de resistividad a la pérdida de suelo; siendo esta una de las principales funciones de la vegetación de la selva.

Como se puede observar, en caso ***de llevarse a acabo el CUSTF; pero con la aplicación de medidas antierosivas (aplicables en la región) para la protección y conservación del suelo y el agua se tendría un valor promedio en la pérdida de suelo anual de 1.4824 t/ha*año*** en el área del proyecto.

Lo anterior significa que anualmente se perdería una lámina de suelo de 0.1482 mm, si consideramos que 1 mm de suelo es igual a 10 ton/ha de suelo. No obstante, la erosión que se llegará a presentar como producto del CUSTF no será superior a la erosión máxima permisible en México, que es de 10 ton/ha año. Por lo tanto, en ningún momento estará provocando la degradación del suelo de la región por motivo del CUSTF pretendido por el proyecto.

A manera de resumen, se tienen los siguientes escenarios en cuanto a la erosión del suelo en el área de estudio:

Tabla 4.100. Escenarios de la tasa de erosión promedio en el área de estudio por hectárea y área de CUSTF.

ESCENARIOS	PÉRDIDA DE SUELO (t/ha*año)	PÉRDIDA DE SUELO (t/ 7.980514 ha*año)
SITUACIÓN ACTUAL (SIN PROYECTO)	0.1482	1.1831
SITUACIÓN CON PROYECTO Y SIN PRACTICAS ANTIEROSIVAS	14.8244	118.3060
SITUACIÓN CON PROYECTO Y PRACTICAS ANTIEROSIVAS	1.4824	11.8306

Como se puede observar en el área de CUSTF de darse una erosión de suelo seria en una tasa de 11.8306 t/año que representa el 10% de la pérdida potencial del suelo en la región.

Para tener una idea de la erosión a mitigar producto del CUSTF pretendido se procedió a calcular la diferencia neta entre la pérdida potencial y pérdida actual (118.3060-1.1831= 117.1229t/7.980514 ha*año). El volumen de perdida de suelo a mitigar producto del CUSTF sería de 117.1229 toneladas por año, tal como sigue:

Tabla 4.101. Pérdida neta del suelo por motivo del CUSTF y volumen a mitigar.

ESCENARIO	PÉRDIDA DE SUELO (t/ha*año)	PÉRDIDA DE SUELO (t/7.980514 ha*año)	
DIFERENCIA NETA DE PERDIDA DE SUELO	14.6761	117.1229	**A MITIGAR**

Con base en lo anterior, se puede indicar que 117.1229 toneladas por año será el volumen a MITIGAR para que el proyecto sea sostenible y viable ambientalmente.

No obstante, el proyecto tiene planteado buenas prácticas ambientales (adicionales a las prácticas antierosivas) como el mantenimiento de áreas de conservación con suelo natural y vegetación nativa (aunque dentro de estas se encuentran algunas áreas con suelo desnudo), recuperación del suelo en áreas de CUSTF (7.980514 ha) y su posterior reubicación en áreas reforestación (mitigación). Este material edafológico será utilizado para las actividades de reforestación que se realizarán en el área de estudio.

Es decir, no obstante, a que el proyecto no provocará la pérdida del suelo y de no tener el valor máximo permitido de suelo (10 ton.ha.año) para algunas regiones del país (principalmente en áreas montañosas y con pendientes pronunciadas; ya que en el área de estudio se tendrá una pérdida máxima de 1.4824 ton.ha.año. Aun así, el proyecto contribuirá a la continuidad de la prestación del servicio ambiental de protección y conservación del suelo y agua de la región mediante el mantenimiento de áreas de conservación (en algunas áreas con suelo desnudo del área de conservación y corredor biológico) en donde se reubicarán el suelo recuperado del área de CUSTF en zonas que lo ameriten y en donde posteriormente se realizarán actividades de reforestación con plantas nativas.

La aplicación de las diferentes medidas de mitigación y antierosivas (mantenimiento de áreas de conservación con suelo y vegetación nativa, la recuperación del suelo en áreas de CUSTF y su posterior reubicación en áreas reforestación) PREVENDRÁN y MITIGARÁN la pérdida de 168.78 ton/año de suelo (Leptosol Rendzico-Lítico) en el predio bajo estudio, tal como se puede observar a continuación.

Tabla 4.102. Prevención de la pérdida potencial anual del suelo en el área del proyecto.

MEDIDAS DE MITIGACIÓN ADICIONALES	PREVENCIÓN DE LA PÉRDIDA POTENCIAL ANUAL DEL SUELO			
	t/ha*año	t/7.980514 ha*año	t/3.404954 ha*año	t/11.385468 ha*año
RECUPERACIÓN DEL SUELO EN ÁREAS DE CUSTF Y REUBICACIÓN EN ÁREAS REFORESTACIÓN (MITIGACION)	14.8244	118.31		
MANTENIMIENTO DE ÁREAS DE CONSERVACIÓN (MITIGACIÓN)	14.8244		50.48	**168.78**

De acuerdo a lo antes planteado se puede indicar que la erosión natural actual en el área del proyecto (sin CUSTF y proyecto) es de 0.1482 ton.ha.año, la erosión potencial (con CUSTF y sin medidas antierosivas) presenta un valor de erosión promedio de 14.8244 ton.ha.año y por último, la erosión esperada (con CUSTF, proyecto y medidas antierosivas para protección del suelo y del agua) presentó un valor de pérdida de suelo de tan solo 1.4824 ton.ha.año que está muy por debajo del valor máximo permitido de pérdida de suelo en el país. Asimismo, la pérdida neta del suelo del área de CUSTF con un volumen de 117.1229 toneladas*año (118.3060-1.1831= 117.1229 t/7.980514 ha*año) queda finalmente mitigada mediante la aplicación de las diferentes medidas antierosivas y de protección del suelo y del agua. Esta mitigación en la pérdida de suelo permite el seguimiento en la protección y conservación del suelo en un volumen de 168.78 toneladas por año y, por ende, hace del proyecto totalmente sostenible y viable desde el punto de vista ambiental.

Por otra parte, se debe referir que la erosión del suelo es el proceso de desgaste de la superficie terrestre como consecuencia del impacto de acciones geológicas (como las corrientes de agua o de deshielos), climáticas (como las lluvias o los vientos intensos) o por la actividad del ser humano (como la agricultura, la deforestación, expansión de las ciudades, entre otros).

Es claro que en condiciones naturales se da un proceso de arrastre y perdida de suelos, sin embargo, al realizar el proyecto se puede dar un incremento de esta pérdida en las primeras etapas, sin embargo, con la aplicación de medidas tendientes a reducir estos efectos, se reduce completamente la perdida de suelos. Por lo que para garantizar que no se provocará la erosión de los mismos en el área sujeta a cambio de uso de suelo, que en este caso es de 7.98 has, se proponen acciones tales como:

- Se realizará la colecta de tierra vegetal para utilizarla en el embolsado de las plantas en el vivero temporal y la demás resultante será incorporada a las áreas verdes del proyecto como parte de proceso de enriquecimiento del suelo.

- Se prohibirán trabajos de mantenimiento de maquinarias y equipos dentro del área del proyecto, estos deberán realizarse en talleres autorizados por la empresa subcontratada, ubicados en localidades cercanas, con el fin de prevenir posibles contaminaciones del suelo.

- El manejo de hidrocarburos se realizará siguiendo todas las precauciones necesarias para evitar que estos se derramen en el suelo, contaminándolo.

- Para evitar la defecación al aire libre se instalarán servicios sanitarios para uso obligatorio de los trabajadores, evitando así la contaminación al suelo. (a razón de 1 por cada 15 trabajadores).

- El desmonte se realizará en una sola acción, pero de manera de manera paulatina, conforme el avance de las obras, para evitar la exposición prolongada de las superficies, y aminorar la dispersión de partículas de polvo por el viento y el agua.

- Los residuos sólidos que se generen durante las diferentes etapas del proyecto serán manejados por empresas particulares contratadas para tal fin.

- Los residuos sólidos producto de la etapa de preparación del sitio que se genere por los trabajadores como cartón, latería, pet etc., serán colectados, destinados con un colector autorizado y/o transportados fuera del área del proyecto, éstos se depositarán en los centros de acopio municipales o en los lugares que para tal fin designen las autoridades.

- Se instalará letreros alusivos a prohibir el uso del fuego dentro del área del proyecto.

4.4.9. Paisaje y la Recreación

El paisaje es otro de los componentes de los servicios ambientales que pudiera sufrir cierta alteración, en especial durante el período de desmonte y construcción de las edificaciones. Sin embargo, con el desarrollo del Proyecto, la estructura podrá tener un crecimiento ordenado lo que ha estado previsto a través del PPDU El Jesusito y del POEL del municipio de Solidaridad. De esta manera, el sitio en un contexto general quedará insertado como un nuevo escenario, con cualidades propias para la dotación de bienes y servicios a la comunidad, lo cual se considera necesario para poder acrecentar los efectos positivos que se darán sobre el entorno social como resultado de la realización del proyecto.

Desde el punto de vista recreacional, se debe referir que las condiciones de la vegetación son del todo aptas para el desarrollo del proyecto que tendrá fines habitacionales-comerciales, ya que se ubican predominantemente dentro de la categoría de selva mediana y habrán de constituirse como un área de contemplación e inspiración, enfocado a usuarios que habrán de escoger estos espacios, permitiéndoles convivir de manera respetuosa y muy cercana a la naturaleza.

Metodología para la evaluación de la calidad visual, fragilidad visual y capacidad de absorción visual

Calidad visual

La calidad visual del paisaje fue determinada mediante el método propuesto por Bureau of Land Managemente (BML) de U.S.A. (1980), basado en el análisis de las categorías estéticas del terreno, este método lleva aplicándose largo tiempo en la planificación territorial. En la

determinación de la fragilidad visual[18] y la capacidad de absorción visual del paisaje[19], se utilizó una adaptación de los métodos propuestos por Escribano et al. (1987) y la técnica basada en la metodología de Yeomans (1986), respectivamente. Para el análisis de los tres componentes se optó por realizar una evaluación conjunta del área del Proyecto, por considerar que las variables evaluadas poseen valores similares si está se dividiera en varias unidades de estudio, siendo posible encontrar un resultado global que represente a toda el área.

Los criterios de valoración de la calidad escénica aplicados por BML se presentan en la Tabla 4.103 y la clasificación de áreas de acuerdo a su calidad visual según la suma total de puntos obtenida de la valoración de los criterios se presenta en la Tabla 4.104.

Tabla 4.103. Criterios de valoración para la calidad del paisaje.

PLANO	COMPONENTE VALORADO	CALIDAD VISUAL		
		ALTA	MEDIA	BAJA
Segundo plano	Relieve	Muy montañoso. Existencia de rasgos singulares **5**	Formas erosivas interesantes existencia de rasgos interesantes **3**	Fondos planos, con suaves colinas. Inexistencia de particularidades. **1**
Segundo plano	Vegetación	Gran variedad, grandes contrastes. **5**	Alguna variedad, pocos contrastes. **3**	Poca a ninguna variedad, no existencias de contrastes. **1**
	Cuerpos de agua	Dominancia del paisaje, apariencia clara y limpia, aguas blancas o espejos en reposo. **5**	No dominancia, aguas en reposo o en movimiento. **3**	Ausencia o existencias inapreciable. **0**
	Color	Combinaciones de color intensas y variadas o contrastes agradables entresuelo, vegetación, roca y agua **5**	Alguna variedad e intensidad en color y contrastes del suelo, roca, vegetación, pero no actúa como elemento dominante. **3**	Muy poca variación de color o contraste; colores homogéneos. **1**
	Rareza	Único o muy raro en la región, posibilidad real de contemplar fauna o vegetación excepcional. **6**	El paisaje es característico, aunque similares a otros en la región. **2**	El paisaje es común. **1**
	Intervenciones humanas	Libre de actuaciones humanas estéticamente no deseadas o con modificaciones que inciden favorablemente en la calidad visual. **3**	La calidad escénica está afectada por modificaciones poco armoniosas, aunque no en su totalidad, o las actuaciones no añaden calidad visual. **1**	Modificaciones intensas y extensas que reducen o anulan la calidad escénica. **0**

[18] Susceptibilidad que tiene el paisaje al cambio cuando se desarrolla un uso sobre él… (Cienfuentes, 1979).
[19] Aptitud que tiene un paisaje de absorber visualmente modificaciones o alteraciones sin detrimento de su calidad visual (Montoya et al., 1999).

PLANO	COMPONENTE VALORADO	CALIDAD VISUAL		
		ALTA	MEDIA	BAJA
Tercer plano	Horizonte visual	El paisaje circundante potencia mucho la calidad visual. **5**	El paisaje circundante incrementa moderadamente la calidad visual del conjunto. **3**	El paisaje adyacente no ejerce influencia en la calidad visual del conjunto. **0**
	TOTALES	**5**	**9**	**1**
		CALIFICACIÓN PARA EL PAISAJE EN EL ENTORNO DEL PROYECTO		**15**

Tabla 4.104. Clasificación de áreas de acuerdo a su calidad visual.

Clase	Descripción	Puntaje
Clase A	Áreas de calidad alta, áreas con rasgos singulares y sobresalientes.	19 a 33
Clase B	Áreas de calidad media, áreas cuyos rasgos poseen variedad en la forma, color y línea, pero que resultan comunes en la región estudiada y no son excepcionales.	12 a 18
Clase C	Áreas de calidad baja, áreas con muy poca variedad en la forma, color, línea y textura.	0 a 11

Fragilidad visual

Conjuntamente a la evaluación de la calidad, se asocia la determinación de la fragilidad visual de los puntos de observación, esto es, se trata de cuantificar la susceptibilidad de un paisaje al cambio cuando se introduce una nueva actividad en el horizonte.

Una propuesta habitual es la determinación de su inverso, la capacidad de absorción, que se determina siguiendo la metodología ampliamente aceptada propuesta por Yoemans (1986). La valoración se realiza a través de factores de los medios tísico y biótico, los que se cualifican y combinan en la siguiente expresión:

$$CAV = P * (E + R + D + C + V)$$

Donde:

P = Pendiente.
E = Erosionabilidad capacidad de regeneración de la vegetación.
R = Potencial estético.
D = Diversidad de la vegetación.
C = Contraste de color de suelo roca.
V = Actuación humana.

Para la evaluación de este parámetro se opta por realizar una evaluación conjunta del área en estudio, por considerar que las variables E, R, D y V poseen valores similares en cada unidad y el estudio independiente genera la predisposición de interpretar las pequeñas diferencias en los resultados en tanto se evalúa primariamente que es posible encontrar un resultado global que represente a toda el área. En este marco, la escala de referencia para la evaluación se muestra en la Tabla 4.106.

Tabla 4.105. Factores del paisaje determinantes de su capacidad de absorción visual.

Factor	Condiciones	Puntajes	
		Nominal	Numérico
Pendiente (P)	Inclinado (pendiente >55%)	Bajo	1
	Inclinación suave (25-55% pendiente)	Moderado	2
	Poco inclinado (0-25% de pendiente)	Alto	3
Diversidad de vegetación (D)	Restricción alta derivada de riesgo alto de erosión e inestabilidad, pobre regeneración potencial	Bajo	1
	Restricción moderada debido a ciertos riesgos de erosión e inestabilidad y regeneración potencial	Moderado	2
	Poca restricción por riesgos bajos de erosión e inestabilidad y buena regeneración potencial	Alto	3
Capacidad de regeneración de la vegetación	Potencial de regeneración bajo	Bajo	1
	Potencial de regeneración moderado	Moderado	2
	Potencial de regeneración alto	Alto	3
Diversidad de vegetación (D)	Eriales. prados y matorrales	Bajo	1
	Islas y bosque de galería, repoblaciones.	Moderado	2
	Diversificada (mezcla de claros y bosques)	Alto	3
Contrastes de color suelo-vegetación(V)	Contraste visual bajo	Bajo	1
	Contraste visual moderado	Moderado	2
	Contraste visual alto	Alto	3
Contraste de color de suelo-roca	Contraste visual bajo	Bajo	1
	Contraste visual moderado	Moderado	2
	Contraste visual alto	Alto	3
Calificación para el paisaje en el entorno del proyecto		**CAV**	**16**

Tabla 4.106. Escala de referencia para la determinación de la capacidad de absorción visual.

Nominal	Numérico
Bajo	<15
Moderado	15-30
Alto	> 30

Valoración:

$$CAV = 3 * (3+3+3+2+2) = 39$$

Los resultados de la valoración de la fragilidad visual del Proyecto, corresponden con una capacidad de absorción alta. Con esta base, la realización del proyecto se considera ambientalmente viable, siempre y cuando se ejecuten las disposiciones manifestadas en las medidas de mitigación expresadas en el presente estudio y de aquellos resultantes en materia de impacto ambiental. Así también deberá contemplarse la importancia de la zona como área prioritaria para la regulación del crecimiento urbano del municipio y para la conservación de los recursos naturales.

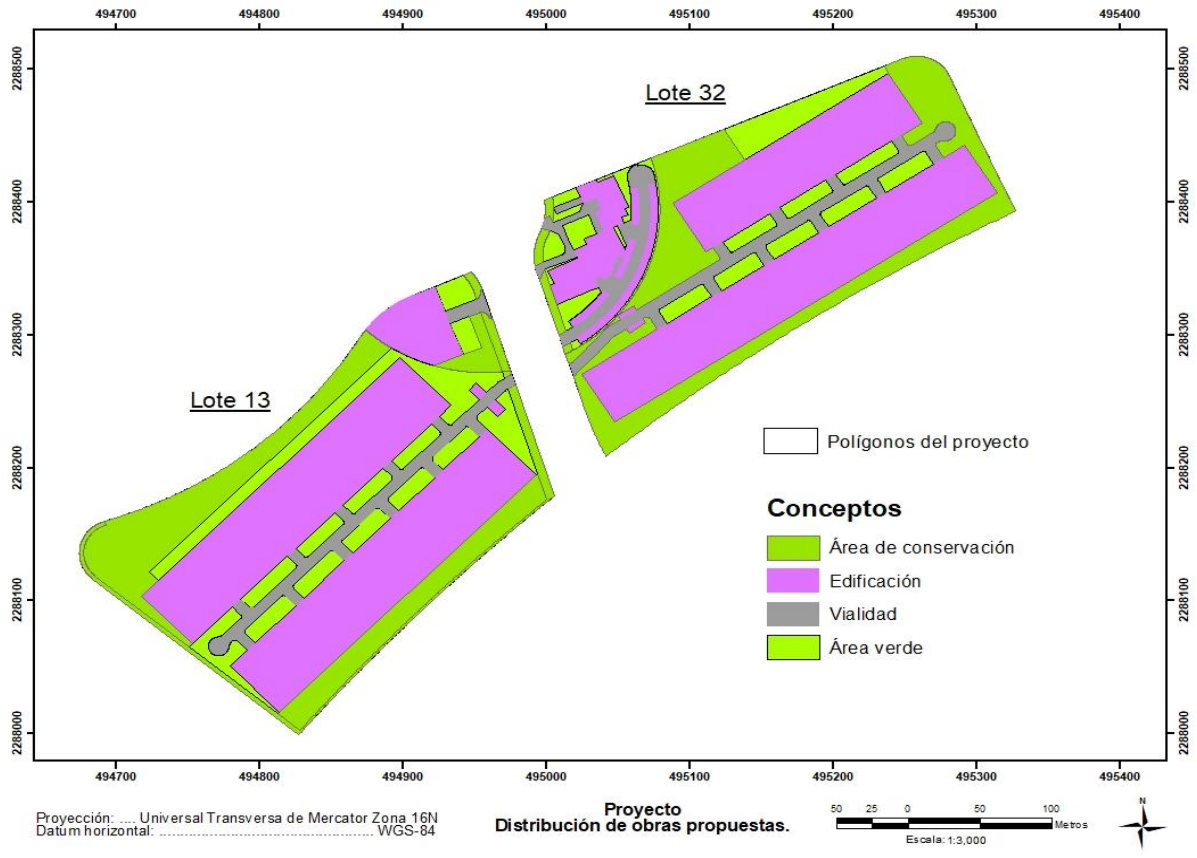
En resumen, se puede observar que los impactos sobre el medio que generará este proyecto son moderados para la zona en que éste se realizará. A lo cual coadyuvará enormemente al cumplimiento y apego a las medidas de mitigación y prevención de impactos, así como a la reglamentación y normatividad oficial existente.

4.4.10. Conclusiones

Si bien invariablemente todos los servicios ambientales que generan los ecosistemas en su estado natural son invaluables y de gran relevancia, debe tomarse en consideración que en el inmueble de interés la vegetación predominante ha sido previamente alterada por fenómenos hidrometeorológicos e incendios (1989), razón por la cual presentan características secundarias. Por ello, al final se tiene como una de las justificantes para el desarrollo del proyecto el hecho de que el predio se ubica dentro de la zona donde aún prevalecen características naturales, aunque la misma está destinada al desarrollo habitacional de acuerdo a los lineamientos establecidos en el PPDU El Jesusito y el POEL del municipio de Solidaridad.

Por lo tanto, la aplicación de estos instrumentos de planeación son el argumento principal que da valides al aprovechamiento para los fines señalados del inmueble de interés. Por lo que de nueva cuenta se refiere que se realizará el aprovechamiento de 7.98 ha. Por otra parte, se habrá de destinar a la conservación una superficie de 2.66 ha que necesariamente deberán conservar su cobertura natural actual.

Figura 4.64. Obras propuestas sobre vegetación.



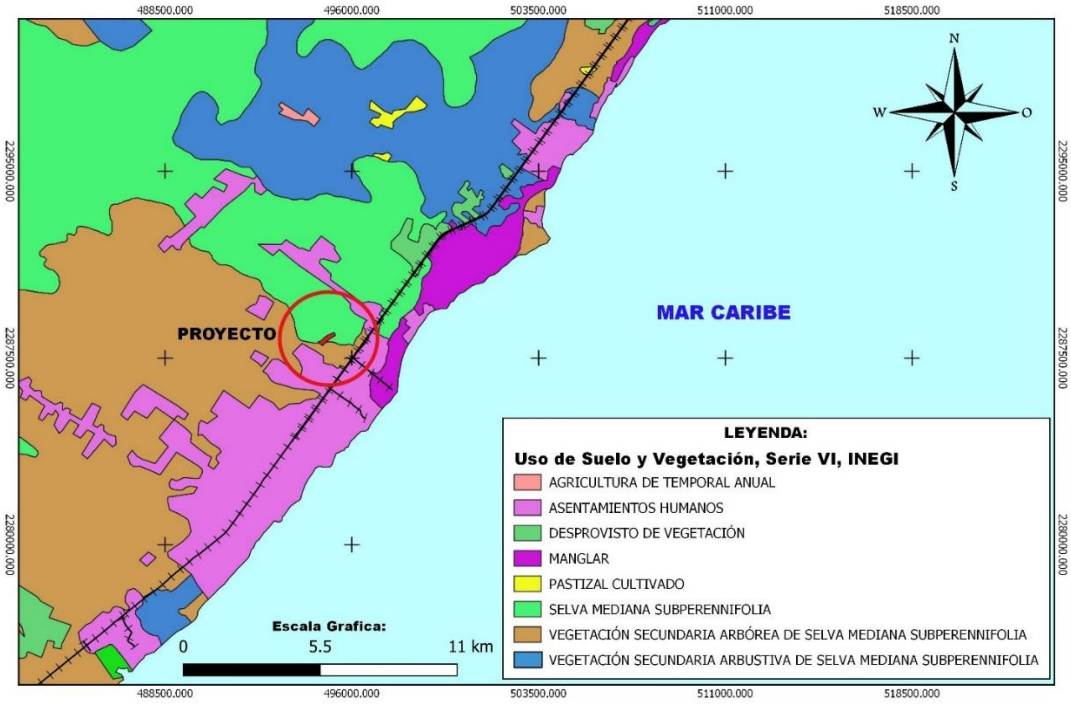
4.5. Diagnóstico Ambiental

El Proyecto se inserta al interior del macroproyecto Ciudad Mayakoba, y está regulado por el Programa Parcial de Desarrollo Urbano el Jesusito. El macroproyecto Ciudad Mayakoba fue autorizado en materia de impacto ambiental a través del oficio resolutivo número SGPA/DGIRA/DG/04219 del 19 de junio del 2013, así como sus posteriores modificaciones (ver Capítulo 3, apartado 3.2).

El proyecto Rotonda, ocupa una superficie de 10.64 ha, y corresponde a los Lotes 13 y 32 del macroproyecto previamente señalado. El SA definido para el Proyecto, cuenta con 409.25 ha y corresponde con los límites de las infraestructuras de transporte carretera federal 307 Reforma Agraria – Puerto Juárez, y avenida Bosques de Cristo, así como los límites establecidos para el Programa Parcial de Desarrollo Urbano el Jesusito, para su delimitación se consideraron criterios técnico-ambientales, jurídicos y sociales-urbanos.

De acuerdo con los estudios realizados para el Proyecto, se identificó que tanto éste, como el SA en el que se integra, se presenta vegetación característica de la región, dominada por selva mediana subperennifolia con vegetación secundaria arbórea (Figura 4.65); ecosistema que debido a las afectaciones que a lo largo del tiempo se han presentado en el área, tales como, actividad agropecuaria, efectos de fenómenos atmosféricos, incendios, fragmentación por los desarrollos urbanos, entre otros, su estrato arbóreo registra una altura de 10 m en promedio, así mismo, debido a las características que este tipo de vegetación presentó, se considera que se encuentra en una fase o etapa de sucesión avanzada de recuperación de una vegetación de características más alta y con elementos de tipo corpulento que por ahora se encuentran ausentes.

Figura 4.65. Ubicación del Proyecto y el SAR respecto al uso de suelo y vegetación registrado a nivel regional.



En el SA se registraron un total de 72 especies vegetales, pertenecientes a 61 géneros y de 29 familias botánicas distintas. En cuanto a especies en riesgo, e identificó a *Tabebuia chrysantha, Astronium graveolens, Thrinax radiata* y *Coccothrinax readii*, enlistadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010, bajo la categoría de amenazadas. Por otro lado, no se encontraron especies exóticas.

En el Proyecto se registraron un total de 50 especies vegetales, pertenecientes a 44 géneros y de 27 familias botánicas distintas. En cuanto a especies en riesgo, se identificó a *Thrinax radiata* y *Coccothrinax readii*, enlistadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010, bajo la categoría de amenazadas. Por otro lado, no se encontraron especies exóticas.

Con respecto a la fauna, en el SA se registró un total de 74 especies, pertenecientes a 66 géneros y 44 familias. En cuanto a las especies consideras por la NOM-059-SEMARNAT-2010, se identificó a *Aratinga nana*[20]*, Amazona albifrons* y *Kinosternon scorpioides* bajo la categoría de sujetas a protección especial, y a *Ctenosaura similis, Leptophis mexicanus y Rhinoclemmys aerolata* bajo la categoría de amenazadas.

En cuanto a la fauna del Proyecto, se registró un total de 20 especies, pertenecientes a 20 géneros y 17 familias. En cuanto a las especies consideras por la NOM-059-SEMARNAT-2010, se identificó a *Eupsittula nana*[21] bajo la categoría de sujeta a protección especial.

Con base en lo antes expuesto, se observó que existe una distribución uniforme de los elementos florísticos y faunísticos que componen el Proyecto y el SA, así como que no se registró una especie - de flora o fauna - exclusiva para el Proyecto, por tal motivo, es posible concluir que, con la implementación de éste, no se comprometerá la flora, ni la fauna registrada tanto en el Proyecto, ni el SA.

Por otro lado, de acuerdo con los análisis realizados para el paisaje, se pudo concluir que el SA del Proyecto, corresponden con un área caracterizada por el desarrollo urbano, en la que el paisaje ha perdido cierto grado de naturalidad derivado de las modificaciones al entorno originadas por las actuaciones humanas, las que han originado la afectación de algunos componentes originales para este factor, sin embargo, la capacidad de absorción visual que éste presenta, fue considerada como alta, por lo que el desarrollo del Proyecto no logrará disminuir la calidad visual y ambiental del conjunto (Figura 4.66).

[20] *Eupsittula nana.*
[21] *Aratinga nana.*

Figura 4.66. SA, Proyecto y área circundante en la que se puede observar el desarrollo urbano y turístico que registra la zona.



Así mismo tal y como fue señalado en el apartado previo (4.4. Servicios Ambientales que…), los servicios ambientales tampoco serán comprometidos, ya que estos no se eliminarán, y en algunos casos solo se verán disminuidos, por lo que no se pondrá en riesgo la provisión del agua en calidad y cantidad, la captura de carbono, de contaminantes y componentes naturales, la generación de oxígeno, el amortiguamiento del impacto de los fenómenos naturales, la modulación o regulación climática, la protección de la biodiversidad, ecosistemas y formas de vida la protección y recuperación de los suelos o el paisaje, considerando también que el Proyecto establece las medidas de prevención, mitigación y/o compensación que minimizarán o anularán los impactos ambientales que se presentarán por el cambio de uso de suelo en terrenos forestales (ver detalles en Capítulo 7).

Finalmente, desde su concepción el Proyecto ha considerado llevarse a cabo desde un enfoque / esquema sustentable, considerando como uno de sus ejes rectores el normativo, por lo que diversos instrumentos de regulación de uso de suelo, dictan la forma correcta y ambiental para su realización, de acuerdo a lo anterior, el Proyecto cumple con las disposiciones ambientales y de uso de suelo conforme la normatividad ambiental vigente y aplicable (ver detalles en Capítulo 3).

ROTONDA

CAPÍTULO 5. IDENTIFICACIÓN, DESCRIPCIÓN Y EVALUACIÓN DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES,

DOCUMENTO TÉCNICO UNIFICADO MODALIDAD B PARTICULAR

Contenido

CAPÍTULO 5. IDENTIFICACIÓN, DESCRIPCIÓN Y EVALUACIÓN DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES 2
5.1. Introducción 2
5.2. Identificación de Impactos 2
5.2.1. Acciones del Proyecto Susceptibles de Producir Impactos 4
5.2.2. Factores del Entorno Susceptibles a Recibir Impactos 5
5.3. Evaluación de Impactos 7
5.3.1. Listas de Chequeo 8
5.3.2. Matrices de Interacción 12
5.3.3. Determinación de la Significancia 17
5.4. Análisis de Resultados 20
5.4.1. Impactos en el Medio Natural 25
5.4.1.1. Agua 25
5.4.1.2. Aire 26
5.4.1.3. Suelo 28
5.4.1.4. Flora 30
5.4.1.5. Fauna 31
5.4.1.6. Paisaje 32
5.4.1.7. Socioeconomía 33
5.4.1.8. Hidrología 34
5.4.1.9. Selva mediana subperennifolia / vegetación secundaria arbórea (SMS/VSA) 35
5.4.2. Impactos Acumulativos 36
5.4.3. Impactos Residuales 38
5.5. Conclusión 39

CAPÍTULO 5. IDENTIFICACIÓN, DESCRIPCIÓN Y EVALUACIÓN DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES

5.1. Introducción

En términos generales, la evaluación de impacto ambiental se basa en el análisis de las partes, obras y acciones de un proyecto o actividad a ejecutarse y cómo éstas alteran los componentes del medio ambiente (impactos).

En los capítulos previos que conforman el presente DTU-BP, se ha descrito de forma particular y en extenso el Proyecto que se pretende desarrollar, así como el Sistema Ambiental (SA) del que forma parte, realizando un diagnóstico ambiental de las condiciones actuales del área de estudio.

En el presente capítulo se identifican, describen y evalúan los impactos ambientales que se pueden presentar a partir de la implementación del proyecto Rotonda (en adelante denominado el Proyecto), en cumplimiento con lo establecido en el Artículo 13, Fracción V, del Reglamento en Materia de Evaluación de Impacto Ambiental de la Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente.

La metodología utilizada para la identificación y evaluación de impactos ambientales del Proyecto corresponde a una combinación de diferentes técnicas metodológicas ampliamente utilizadas en la evaluación de impacto ambiental. Los resultados obtenidos se basan en el análisis de la información técnica y ambiental generada en los capítulos previamente descritos. En los siguientes apartados se presentan y describen de manera particular cada una de las metodologías de evaluación aplicadas, así como los resultados obtenidos para el caso particular del Proyecto.

5.2. Identificación de Impactos

La identificación de impactos es parte esencial del proceso de evaluación de impacto ambiental, necesario para que la Autoridad competente establezca las condiciones a las que deben sujetarse las obras o actividades que puedan causar un daño al ambiente (LGEEPA, Artículo 28).

Según Gómez-Orea y Gómez Villarino (2013), un impacto ambiental es una alteración del entorno introducida por una actividad humana, interpretada en términos de salud y bienestar humano o de calidad de vida de la población. Según la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA) en su Artículo 3, Fracción XX, un impacto ambiental es una modificación del ambiente ocasionada por la acción del hombre o de la naturaleza.

De lo anterior se desprende que para identificar los impactos ambientales primero es necesario reconocer tanto los elementos del medio que pudieran ser afectados, como las acciones del proyecto que pudieran alterar el entorno. A continuación, se describe cómo se identificaron y clasificaron los factores del medio susceptibles de ser alterados y las acciones del Proyecto que pudieran generarla dicha alteración.

Un factor ecológico consiste en un elemento del ambiente susceptible de actuar directamente sobre los seres vivos, por lo menos durante una etapa de su desarrollo. Los factores ecológicos se clasifican en abióticos, que incluyen el conjunto de características físico-químicas del medio; y bióticos, que son el conjunto de interacciones que tienen lugar entre los individuos de la misma especie o de especies diferentes (Dajoz, 2001).

El entorno es la parte del medio ambiente que interacciona con el proyecto en términos de fuentes de recursos y materias primas, soporte de elementos físicos y receptores de efluentes a través de los vectores ambientales aire, suelo y agua, así como de otras salidas de índole socioeconómico (Gómez-Orea 2002, Gómez-Orea y Gómez Villarino 2013).

Los factores del entorno susceptibles de ser alterados por el Proyecto se identificaron a partir de la descripción de las condiciones ambientales que presenta el SA, así como del predio del Proyecto, las cuales han sido presentadas en el Capítulo 4. Cada uno de los factores identificados se clasificó por su nivel de complejidad en elementos, procesos y ecosistemas, de acuerdo con las siguientes definiciones:

a) Elementos naturales: elementos químicos, físicos y biológicos que se presentan en un tiempo y espacio determinado sin la inducción del hombre (LGEEPA Artículo 3, Fracción XV).

b) Procesos naturales: serie ordenada de eventos naturales cuya dinámica y magnitud determinan la funcionalidad de un ecosistema y pueden influenciar las condiciones ambientales locales, regionales o globales (Naeem et al., 1999)[1].

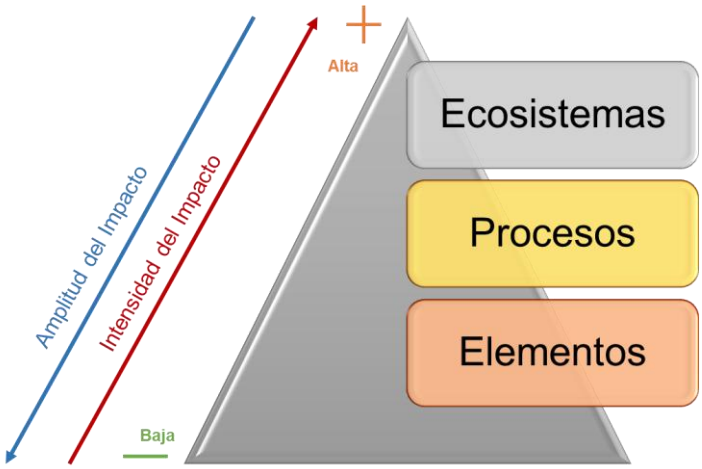
c) Ecosistemas: unidad funcional básica de interacción de los organismos vivos entre sí y de éstos con el ambiente, en un espacio y tiempo determinados (LGEEPA Artículo, 3, Fracción XIII).

La interdependencia entre cada uno de estos niveles permite discriminar los impactos de acuerdo con su intensidad y evita contar dos o más veces un mismo impacto, ya que cuando se afecta un nivel mayor forzosamente hay impactos en los niveles inferiores, que ya no es necesario contabilizar, logrando así una mayor certidumbre y objetividad en el proceso.

La clasificación mencionada también facilita la calificación de los impactos ambientales de acuerdo con su intensidad, ya que impactos más intensos son los que afectan a nivel de función de los ecosistemas, los impactos intermedios son los que solo afectan hasta el nivel de procesos naturales; los impactos de menor intensidad son los que afectan solamente elementos del SA.

[1] Naeem, S., Chair, F., Chapin, III., Costanza, F., Ehrlich, P., Golley, F., Hooper, D., Lawton, J., O'Neill, Robert., Mooney, H., Sala, O., Symstad, A. y Tilman, D. 1999. Biodiversity and Ecosystem Fuctioning: Maintaining Natural Life Support Processes. Issues in Ecology. Number 4.

Figura 5. 1. Diagrama conceptual del fundamento ideológico para el proceso de análisis de impactos ambientales para el Proyecto. Se muestra la interdependencia de los 3 niveles de complejidad ecológica. Los elementos sostienen a los procesos, los cuales determinan las funciones y características particulares de cada tipo de ecosistema.



5.2.1. Acciones del Proyecto Susceptibles de Producir Impactos

Para efectos de la evaluación de impacto ambiental se entiende por acción a la parte activa que interviene en la relación causa-efecto que define un impacto ambiental (Gómez-Orea, 2002)[2]. Las acciones se identificaron a partir de cada una de las diferentes obras y actividades que se realizarán durante el desarrollo del Proyecto.

Para la evaluación de impactos ambientales derivados del desarrollo del Proyecto se consideraron las obras y actividades presentadas en la Tabla 5. 1.

Tabla 5. 1. Obras y actividades consideradas para la evaluación de impactos ambientales del Proyecto.

Obras	Obras provisionales
	Edificaciones y vialidades
	Servicios
Actividades	De vivienda
	De comercio

Una vez definidas las obras y actividades que conforman el Proyecto, se analizaron las acciones generadoras de impactos, entendidas como las posibles causas simples, precisas, localizadas y bien determinadas de impacto ambiental.

Las acciones identificadas se clasificaron dentro de tres categorías: extracción, cuando la acción implica el explotar algún recurso; ocupación, cuando la acción implica el uso del espacio; y emisión de efluentes, cuando la acción implica emitir líquidos, sólidos o gases al ambiente (Gómez Orea y Gómez Villarino, 2013)[3].

[2] Gómez-Orea, D. 2002. Evaluación de Impacto Ambiental. Un instrumento preventivo para la gestión ambiental. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid, España.
[3] Gómez-Orea, D. y Gómez Villarino, M. 2013. Evaluación de Impacto Ambiental. Ediciones Mundi-Prensa. España.

Así mismo, se identificó la etapa del Proyecto en la cual se llevarán a cabo cada una de las acciones derivadas de cada obra o actividad; los momentos o etapas de desarrollo considerados para el Proyecto fueron los siguientes:

a) Preparación del sitio, que consiste en las labores necesarias para el acondicionamiento del terreno que permitan su uso de acuerdo al objetivo planteado. Generalmente no representa la construcción o instalación de infraestructura, aunque si requiere de la intervención de la zona de influencia directa.

b) Construcción, que consiste en todas las actividades necesarias para el desarrollo de las obras físicas sobre el terreno y que se caracteriza por una fuerte actividad sobre el predio y la zona.

c) Operación y mantenimiento, que consiste en las actividades necesarias para hacer funcionar y mantener en buen estado las obras del Proyecto, así como en las labores de seguimiento y monitoreo.

d) Abandono, que comienza a partir de que cesan cualquier tipo de actividades relacionadas con el Proyecto y consiste en las acciones necesarias para evitar cualquier impacto ambiental relacionado con las instalaciones fuera de uso.

Como resultado de lo anterior se identificaron 10 acciones derivadas del desarrollo del Proyecto que, podrán causar impactos al ambiente en una o varias etapas del mismo Tabla 5. 2.

Tabla 5. 2. Acciones identificadas como resultados del desarrollo del Proyecto, que podrían causar impactos al ambiente de acuerdo a cada etapa.

Etapa	Acción	Tipo
Preparación	Trazo, delimitación y marcaje	Ocupación
	Prospección del área	Ocupación
	Desmonte y despalme	Ocupación/emisión de efluentes
	Instalación de obras provisionales	Ocupación/emisión de efluentes
Construcción	Operación de obras provisionales	Ocupación/emisión de efluentes
	Relleno, nivelación y excavación	Ocupación/emisión de efluentes
	Construcción de vialidades y edificaciones	Ocupación/emisión de efluentes
	Instalaciones de servicios	Extracción/emisión de efluentes
Operación y mantenimiento	De vivienda	Ocupación/emisión de efluentes
	Comerciales	Ocupación/emisión de efluentes

5.2.2. Factores del Entorno Susceptibles a Recibir Impactos

Se denomina factor ecológico a todos los elementos del ambiente susceptibles de actuar directamente sobre los seres vivos, por lo menos durante una etapa de su desarrollo. Se clasifican en abióticos, que incluyen el conjunto de características físico-químicas del medio; y bióticos, que son el conjunto de interacciones que tienen lugar entre los individuos de la misma especie o de especies diferentes (Dajoz, 2001)[4]. Para efectos del análisis de impactos ambientales, también se consideraron como factores los elementos socioeconómicos ya que son parte primordial de los procesos de degradación y conservación de los recursos.

[4] Dajoz, R. 2001. Entomología forestal: los insectos y el bosque. Papel y diversidad de los insectos en el medio forestal. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid, España.

Se define como entorno a la parte del medio ambiente que interacciona con el Proyecto en términos de fuentes de recursos y materias primas, soporte de elementos físicos y receptores de efluentes a través de los vectores ambientales aire, suelo y agua (Gómez-Orea 2002)[5], así como las consideraciones de índole social.

Por último, un impacto ambiental es una modificación del ambiente ocasionada por la acción del hombre o de la naturaleza (LGEEPA, Artículo 3, Fracción XX).

Con base en lo anterior, para la evaluación de los impactos ambientales fue necesario identificar, de acuerdo con el diagnóstico del SA (Capitulo 4), cada uno de los factores del entorno que pudieran resultar afectados de manera significativa por las obras o actividades del Proyecto. Dichos factores se clasificaron en alguno de los tres niveles de complejidad ecológica descritos en el apartado 5.2 (elementos, procesos y ecosistemas).

Posteriormente se aplicaron las técnicas de análisis de impactos ambientales para identificar las interacciones entre los factores susceptibles y las acciones generadoras de impactos. De esta forma fue posible interpretar el comportamiento del SA para definir medidas de mitigación y compensación (detalladas en el Capítulo 7) que fueran congruentes con los impactos ambientales detectados y con las condiciones del SA.

Con base en la estrategia antes mencionada, en total se identificaron 9 factores susceptibles de recibir impactos en el SA, de los cuales siete (7) son elementos, uno (1) es proceso y uno (1) un ecosistema.

En la Tabla 5. 3 se enlistan los factores del entorno, divididos en elementos, procesos y ecosistemas, seleccionados por su relevancia para la identificación y análisis de impactos. También se muestran las propiedades de cada factor que deberá medirse en todas sus etapas del Proyecto, ya que funcionan como indicadores del estado del SA para el Sistema de Gestión y Manejo Ambiental (SMGA) (consultar Capítulo 7), de acuerdo con lo recomendado por los diferentes especialistas que participaron en los estudios para el Proyecto.

Tabla 5. 3. Factores del medio en el SA susceptibles de recibir impactos por el desarrollo del Proyecto y sus propiedades a medir para monitorear su estado.

Nivel	Factor	Propiedades a medir
Elementos	Aire	Calidad
	Agua	Calidad
	Suelo	Calidad
	Flora terrestre	Riqueza, densidad, presencia de especies enlistadas en la NOM-059
	Fauna terrestre	Riqueza, diversidad, abundancia, presencia de especies enlistadas en la NOM-059
	Paisaje	Conectividad y calidad
	Socioeconomía	Número de empleos directos, número de empleos indirectos, calidad de vida
Procesos	Hidrología	Escorrentía superficial e hidrología subterránea
Ecosistemas	Selva mediana subperennifolia / vegetación secundaria arbórea	Superficie, composición, estructura, diversidad

[5] Gómez-Orea, D. 2002. Evaluación de Impacto Ambiental. Un instrumento preventivo para la gestión ambiental. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid, España.

5.3. Evaluación de Impactos

Dentro del proceso de la identificación de impactos ambientales, las técnicas de identificación de los impactos significativos conforman la parte medular de la metodología de evaluación, debido a la relevancia de este tipo de impactos en los componentes del entorno. En la literatura especializada (Zárate et al., 1996; Gómez-Orea, 2003; Zárate, 2005) se registran numerosas propuestas que en conjunto se caracterizan por su diversidad, siendo consistentes y coincidentes, muchas de ellas, en que no existe una metodología definitiva para esta identificación, por lo que las ópticas cruzadas y la conjugación de metodologías, disminuyen significativamente la subjetividad del proceso.

Con base en lo anterior para este Proyecto, el análisis para la identificación de los impactos ambientales se realizó bajo un enfoque interdisciplinario, que consideró los tres niveles ya descritos (elementos, procesos y ecosistemas) y que fue la base para la aplicación de las siguientes técnicas convencionales de evaluación de impacto ambiental (Tabla 5. 4):

1) Análisis por medio de los sistemas de información geográfica.

2) Elaboración de listas de chequeo.

3) Desarrollo de matrices de interacción

4) El juicio de expertos

Tabla 5. 4. Técnicas utilizadas para la identificación y evaluación de los impactos ambientales que potencialmente serán generados por el Proyecto.

Técnica	Alcances
Análisis de cartografía temática y uso de sistema de información geográfica.	La cartografía, las fotografías aéreas y las imágenes de satélite son herramientas metodológicas muy útiles para la evaluación de impactos ambientales (EIA), permiten analizar diferentes parámetros o atributos ambientales (geología, hidrología, tipos de vegetación, asentamientos humanos y actividades económicas, entre otros) de áreas geográficas a diferentes niveles o escalas de información (Zárate et al., 1996). La sobreposición de esta información, más la correspondiente al Proyecto propuesto, produce una caracterización compuesta de un ambiente en el que se pueden evaluar cuantitativa y espacialmente impactos directos, así como la simulación de escenarios y riesgos ambientales (Zárate et al, 1996; Gómez-Orea, 2003; Zárate, 2005).
Listas de chequeo	Estas técnicas se basan en la elaboración de un listado específico de componentes ambientales, agentes de impacto o etapas del Proyecto (Canter, 1977; MOPU, 1982; Westman, 1985; Jain et al., 1993; Smith, 1993). Son métodos que se emplean para la identificación de impactos y preliminarmente para la evaluación de los mismos, bajo la consideración de ciertos criterios o escalas (p. ej. de magnitud e importancia). La principal desventaja de estas técnicas es que no permiten definir o establecer las relaciones causa-efecto entre el Proyecto y el medio ambiente, tampoco la identificación y evaluación de efectos sinérgicos (Zárate et al., 1996; Gómez-Orea, 2003; Zárate, 2005).
Matrices de interacción	Las matrices son métodos cualitativos que permiten evaluar las relaciones directas causa-efecto y el grado de interacción que puede existir entre las acciones de un proyecto y los componentes ambientales involucrados en el mismo. Las matrices de interacción son herramientas valiosas para la EIA, ya que permiten no sólo identificar y evaluar los impactos producidos por un proyecto, sino valorar cualitativamente varias alternativas de un mismo proyecto y determinar las necesidades de la información para la evaluación y la organización de la misma. Sin embargo, el uso de estas técnicas presenta algunas desventajas que es importante considerar: a) las matrices con muchas interacciones son difíciles de manejar, b) no consideran impactos secundarios o de orden mayor e impactos

Técnica	Alcances
	sinérgicos y acumulativos, c) para la valoración de cada impacto identificado es asignado un mismo peso en términos de los atributos ambientales definidos (p. ej. magnitud e importancia) y d) los valores asignados a los atributos ambientales generalmente son definidos en escalas o valores relativos, por lo que es recomendable sustentarlos con el uso de índices o indicadores ecológicos, económicos, o normas técnicas (Zárate et al., 1996; Gómez-Orea, 2003; Zárate, 2005).
Juicio de expertos	Identificación y dimensionamiento de impactos ambientales directos, indirectos, acumulativos y sinérgicos con base en la experiencia y juicio de especialistas y evaluadores.

El uso combinado de estas técnicas hace posible un análisis equilibrado entre la percepción subjetiva y el análisis cuantitativo de la evaluación. Asimismo, permite profundizar en el conocimiento del sitio donde se realizará el Proyecto e identificar las áreas de influencia directa e indirecta del mismo, necesarias para el análisis de los impactos ambientales.

Por medio del análisis de los sistemas de información geográfica fue posible evaluar de forma cuantitativa los impactos ambientales y generar información suficiente para la identificación de los impactos de mayor extensión que pudieran representar riesgos importantes; mientras que a través de las listas de chequeo y las matrices de interacción se identificaron los impactos más significativos, así como sus fuentes generadoras. El juicio de expertos permitió dimensionar los impactos identificados por las otras metodologías para evitar la subestimación o sobrestimación de los mismos, otorgando un mayor valor técnico y científico al proceso.

Con los resultados de este análisis se generó la información necesaria para proponer modificaciones de las fuentes generadoras de impactos ambientales negativos, o en su defecto plantear las medidas necesarias para mitigarlos, las cuales se abordan con detalle en el Capítulo 7 de esta manifestación de impacto ambiental. Es decir, la identificación de los impactos ambientales, permitió la adecuación del Proyecto de tal forma que se garantice el desarrollo de medidas de mitigación y compensación consideradas como parte integral del mismo (Sistema de Manejo y Gestión Ambiental, Capítulo 7). De esta manera se sentaron las bases para garantizar la mínima afectación al SA al que pertenece el Proyecto, así como el mantenimiento de la estructura y función de los ecosistemas y recursos naturales involucrados en sus áreas de influencia.

5.3.1. Listas de Chequeo

Las listas de chequeo se elaboraron a partir de los factores naturales y socioeconómicos del entorno susceptibles de ser modificados, así como de las acciones en cada etapa del Proyecto que pudieran generar impactos en dichos factores. Los impactos se dividieron de acuerdo con el nivel y el factor sobre el que inciden. Para cada etapa de desarrollo del Proyecto, fue elaborada una lista de chequeo.

A cada impacto se le clasificó como negativo si sus efectos provocaban un detrimento en los atributos de cada factor considerado; o positivo si mejoraban la calidad ambiental del SA o implicaba una mejoría en los procesos socioeconómicos que lo caracterizan. En este sentido es importante señalar que, en el ámbito del desarrollo sustentable, se reconoce la necesidad y derecho de aprovechamiento de los recursos naturales, así como la necesidad de impulsar el desarrollo, siempre que este no genere alteraciones al entorno.

Es importante resaltar que la elaboración de las listas se fundamentó no solo en la percepción de las interacciones de los componentes del entorno con el Proyecto, sino también en un detallado análisis de la cartografía temática disponible y el juicio de expertos. Así el proyecto no solo genera información nueva y relevante para el SA, sino que retoma la información disponible, mediante una retroalimentación científicamente fundamentada, para corroborar o desechar las hipótesis existentes.

En la Tabla 5. 5, Tabla 5. 6 y Tabla 5. 7, se presentan las listas de chequeo correspondientes a las etapas de preparación, construcción y operación y mantenimiento.

Tabla 5. 5. Lista de chequeo de impactos ambientales potenciales previstos para la etapa de preparación. p = positivo, n = negativo.

Acción	Factor	Propiedad	Impacto	Signo	
Trazo, delimitación y marcaje	Suelo	Calidad	Alteración de la calidad del suelo por generación de residuos sólidos, líquidos y peligrosos	n	
	Aire	Calidad	Alteración de la calidad del aire por generación de ruido	n	
	Fauna	Riqueza, diversidad, abundancia, presencia de especies enlistadas en la NOM-059	Modificación de la estructura de la comunidad	n	
	Socioeconomía	Empleos	Generación de empleos directos e indirectos		p
Prospección del área	Socioeconomía	Empleos	Generación de empleos directos e indirectos		p
Desmonte y despalme	Aire	Calidad	Alteración de la calidad del aire por generación de ruido	n	
			Alteración de la calidad del aire por generación de material particulado y/o emisiones gaseosas	n	
	Suelo	Calidad	Pérdida de suelo	n	
			Alteración de la calidad del suelo por generación de residuos sólidos, líquidos y peligrosos	n	
			Modificación de las características del suelo derivadas de la compactación	n	
	Flora	Riqueza, densidad, presencia de especies enlistadas en la NOM-059	Modificación de la estructura de la comunidad	n	
	Fauna	Riqueza, diversidad, abundancia, presencia de especies enlistadas en la NOM-059	Modificación de la estructura de la comunidad	n	
	Paisaje	Conectividad	Fragmentación del paisaje	n	
		Calidad	Modificación visual del paisaje	n	
	Socioeconomía	Empleos	Generación de empleos directos e indirectos		p
	Hidrología	Subterránea	Alteración de la hidrología subterránea	n	
	Selva mediana subperennifolia / vegetación secundaria arbórea	Cobertura	Pérdida de cobertura	n	
Instalación de obras provisionales	Aire	Calidad	Alteración de la calidad del aire por generación de material particulado y/o emisiones gaseosas	n	
			Alteración de la calidad del aire por generación de ruido	n	

Acción	Factor	Propiedad	Impacto	Signo	
	Agua	Calidad	Alteración de la calidad del agua por generación de residuos sólidos, líquidos y peligrosos	n	
	Suelo	Calidad	Alteración de la calidad del suelo por generación de residuos sólidos, líquidos y peligrosos	n	
	Paisaje	Conectividad	Fragmentación del paisaje	n	
		Calidad	Modificación visual del paisaje	n	
	Socioeconomía	Empleos	Generación de empleos directos e indirectos		p
Total				**20**	**4**

Tabla 5. 6. Lista de chequeo de los impactos ambientales potenciales previstos para la etapa de construcción. p = positivo, n = negativo.

Acción	Factor	Propiedad	Impacto	Signo	
Operación de obras provisionales	Agua	Calidad	Alteración de la calidad del agua por generación de residuos sólidos, líquidos y peligrosos	n	
	Suelo	Calidad	Alteración de la calidad del suelo por generación de residuos sólidos, líquidos y peligrosos	n	
			Modificación de las características del suelo derivadas de la compactación	n	
	Aire	Calidad	Alteración de la calidad del aire por generación de ruido	n	
	Flora	Riqueza, densidad, presencia de especies enlistadas en la NOM-059	Modificación de la estructura de la comunidad	n	
	Fauna	Riqueza, diversidad, abundancia, presencia de especies enlistadas en la NOM-059	Modificación de la estructura de la comunidad	n	
	Socioeconomía	Empleos	Generación de empleos directos e indirectos		p
Relleno, nivelación y excavación	Suelo	Calidad	Alteración de la calidad del suelo por generación de residuos sólidos, líquidos y peligrosos	n	
			Modificación de las características del suelo derivadas de la compactación	n	
	Aire	Calidad	Alteración de la calidad del aire por generación de ruido	n	
			Alteración de la calidad del aire por generación de material particulado y/o emisiones gaseosas	n	
	Fauna	Riqueza, diversidad, abundancia, presencia de especies enlistadas en la NOM-059	Modificación de la estructura de la comunidad	n	
	Hidrología	Escorrentía superficial	Alteración de patrones de escorrentía	n	
	Socioeconomía	Empleos	Generación de empleos directos e indirectos		p
Construcción de vialidades y edificaciones	Aire	Calidad	Alteración de la calidad del aire por generación de ruido	n	
			Alteración de la calidad del aire por generación de material particulado y/o emisiones gaseosas	n	
	Agua	Calidad	Alteración de la calidad del agua por generación de residuos sólidos, líquidos y peligrosos	n	

Acción	Factor	Propiedad	Impacto	Signo	
	Suelo	Calidad	Alteración de la calidad del suelo por generación de residuos sólidos, líquidos y peligrosos	n	
	Fauna	Riqueza, diversidad, abundancia, presencia de especies enlistadas en la NOM-059	Modificación de la estructura de la comunidad	n	
	Hidrología	Escorrentía superficial	Alteración de patrones de escorrentía	n	
		Subterránea	Alteración de la hidrología subterránea	n	
	Paisaje	Conectividad	Fragmentación del paisaje	n	
		Calidad	Modificación visual del paisaje	n	
	Socioeconomía	Empleos	Generación de empleos directos e indirectos		p
Instalación de servicios	Aire	Calidad	Alteración de la calidad del aire por generación de ruido	n	
			Alteración de la calidad del aire por generación de material particulado y/o emisiones gaseosas	n	
	Suelo	Calidad	Alteración de la calidad del suelo por generación de residuos sólidos, líquidos y peligrosos	n	
	Agua	Calidad	Alteración de la calidad del agua por generación de residuos sólidos, líquidos y peligrosos	n	
	Socioeconomía	Empleos	Generación de empleos directos e indirectos		p
Total				**25**	**4**

Tabla 5. 7. Lista de chequeo de impactos ambientales potenciales previstos para la etapa de operación y mantenimiento. p = positivo, n = negativo.

Acción	Factor	Propiedad	Impacto	Signo	
Ocupación de vivienda	Aire	Calidad	Alteración de la calidad del aire por generación de ruido	n	
			Alteración de la calidad del aire por generación de material particulado y/o emisiones gaseosas	n	
	Suelo	Calidad	Alteración de la calidad del suelo por generación de residuos sólidos, líquidos y peligrosos	n	
	Agua	Calidad	Alteración de la calidad del agua por generación de residuos sólidos, líquidos y peligrosos	n	
	Flora	Riqueza, densidad, presencia de especies enlistadas en la NOM-059	Modificación de la estructura de la comunidad	n	
	Fauna	Riqueza, diversidad, abundancia, presencia de especies enlistadas en la NOM-059	Modificación de la estructura de la comunidad	n	
	Hidrología	Subterránea	Alteración de la hidrología subterránea	n	
	Socioeconomía	Empleos	Generación de empleos directos e indirectos		p
		Calidad	Oferta de vivienda		p
Actividades comerciales	Aire	Calidad	Alteración de la calidad del aire por generación de ruido	n	
			Alteración de la calidad del aire por generación de material particulado y/o emisiones gaseosas	n	
	Suelo	Calidad	Alteración de la calidad del suelo por	n	

Acción	Factor	Propiedad	Impacto	Signo	
			generación de residuos sólidos, líquidos y peligrosos		
	Agua	Calidad	Alteración de la calidad del agua por generación de residuos sólidos, líquidos y peligrosos	n	
	Socioeconomía	empleos	Generación de empleos directos e indirectos		p
Total				**11**	**3**

5.3.2. Matrices de Interacción

Las matrices de interacción son una herramienta útil para la identificación de impactos ambientales potenciales que complementan la información brindada por las listas de chequeo y por el sistema de información geográfico. La información generada conjuntamente por estos tres elementos permite identificar y evaluar cualitativa y cuantitativamente los principales impactos ambientales que serán generados con la implementación del Proyecto. También permite definir las medidas de mitigación, compensación y prevención correspondientes, mismas que se establecen en el Capítulo 7 del presente DTU-BP.

Se elaboró una primera matriz denominada de identificación de impactos ambientales potenciales (Matriz 5. 1) en la cual se confrontaron las obras y actividades del Proyecto con los impactos ambientales identificados en las listas de chequeo, ordenados de acuerdo al factor del medio sobre el que inciden. Con dicha matriz se identificaron los impactos positivos y negativos que potencialmente generará el Proyecto, y se valoraron tanto los componentes ambientales que pudieran ser más afectados, como las actividades que generarán la mayor recurrencia o intensidad de impactos.

Esta matriz constituye un método cuantitativo para la identificación de impactos ambientales y corresponde a una modificación propia de la matriz de Leopold (1971). Es importante destacar que el valor de magnitud establecido en esta matriz corresponde al producto de la suma de interacciones identificadas entre un impacto ambiental negativo potencial identificado y una obra u actividad.

Matriz 5. 1. Identificación de impactos ambientales potenciales para el Proyecto. SMS/VSA = selva mediana subperennifolia / vegetación secundaria arbórea. p = positivo, n = negativo.

Etapa	Factor	Agua	Aire		Suelo			Flora	Fauna	Paisaje		Socioeconomía		Hidrología		SMS/VSA	Impactos por actividad		
	Impacto	Alteración de la calidad del agua por generación de residuos sólidos, líquidos y peligrosos	Alteración de la calidad del aire por generación de ruido	Alteración de la calidad del aire por generación de material particulado y/o emisiones gaseosas	Alteración de la calidad del suelo por generación de residuos sólidos, líquidos y peligrosos	Modificación de las características del suelo derivadas de la compactación	Pérdida de suelo	Modificación de la estructura de la comunidad	Modificación de la estructura de la comunidad	Fragmentación del paisaje	Modificación visual del paisaje	Generación de empleos directos e indirectos	Oferta de vivienda y comercio	Alteración de patrones de escorrentía	Alteración de la hidrología subterránea	Pérdida de cobertura	Negativos	Positivos	Totales
Preparación	Trazo, delimitación y marcaje		n		n				n			p					-3	1	-2
	Prospección del área											p					0	1	1
	Desmonte y despalme		n	n	n	n	n	n	n	n	n	p			n	n	-11	1	-10
	Instalación de obras provisionales	n	n	n	n					n	n	p					-6	1	-5
Construcción	Operación de obras provisionales	n	n	n	n	n		n	n			p					-7	1	-6
	Relleno, nivelación y excavación	n	n	n	n	n		n	n			p		n			-8	1	-7
	Construcción de vialidades y edificaciones	n	n	n	n				n	n	n	p		n	n		-9	1	-8
	Instalación de servicios	n	n	n	n							p					-4	1	-3
Operación y mantenimiento	Ocupación de vivienda	n	n	n	n			n	n			p	p		n		-7	2	-5
	Actividades comerciales	n	n	n	n							p	p				-4	2	-2
	Total de impactos negativos	7	9	8	9	3	1	4	6	3	3	0	0	2	3	1	59	NA	
	Total de impactos positivos	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	2	0	0	0	NA	12	
	Ponderación de impactos	-7	-9	-8	-9	-3	-1	-4	-6	-3	-3	10	2	-2	-3	-1	Total		
	Valor bruto	7	17		13			4	6	6		12		5		1	71		
	Valor Neto	-7	-17		-13			-4	-6	-6		12		-5		-1	-47		
	Magnitud	7	9	8	9	3	1	4	6	3	3	10	2	2	3	1	71		
	% total de interacciones	5	11		9			3	4	4		8		3		1	47		
	% total de interacciones efectivas	**10**	**24**		**18**			**6**	**8**	**8**	**0**	**17**		**7**	**0**	**1**	**100**		

Se generó una segunda matriz, denominada de Evaluación de Impactos Ambientales (Matriz 5. 2), para evaluar los impactos identificados en términos de 9 atributos tomados de Gómez-Orea (2003) y que son: consecuencia, acumulación, sinergia, momento o tiempo, reversibilidad, periodicidad, permanencia, recuperabilidad y frecuencia. A cada atributo le fue asignado un valor entre 1 y 3, según la severidad del mismo (Tabla 5. 8). El valor asignado a cada atributo se basó en el dictamen de los expertos, los resultados de la Matriz de Identificación de Impactos Ambientales Potenciales (Matriz 5. 1) y las listas de chequeo que le dieron origen (Tabla 5. 5, Tabla 5. 6 y Tabla 5. 7).

Tabla 5. 8. Descripción de la escala de los atributos para evaluar impactos ambientales. Fuente: GPPA elaboración propia modificada de Gómez-Orea (2003).

Atributos	Escala		
	1	2	3
Consecuencia (C)	**Indirecto**: el impacto ocurre de manera indirecta.	No aplica	**Directo:** el impacto ocurre de manera directa.
Acumulación (A)	**Simple**: cuando el efecto en el ambiente no resulta de la suma de los efectos de acciones particulares ocasionados por la interacción con otros que se efectuaron en el pasado o que están ocurriendo en el presente.	No aplica	**Acumulativo:** cuando el efecto en el ambiente resulta de la suma de los efectos de acciones particulares ocasionados por la interacción con otros que se efectuaron en el pasado o que están ocurriendo en el presente.
Sinergia (S)	**No Sinérgico:** cuando el efecto conjunto de la presencia simultánea de varias acciones no supone una incidencia ambiental mayor que la suma de las incidencias individuales contempladas aisladamente.	No aplica	**Sinérgico:** cuando el efecto conjunto de la presencia simultánea de varias acciones supone una incidencia ambiental mayor que la suma de las incidencias individuales contempladas aisladamente.
Momento o Tiempo (T)	**Corto**: cuando la actividad dura menos de 1 mes.	**Mediano:** la acción dura más de 1 mes y menos de 1 año.	**Largo:** la actividad dura más de 1 año.
Reversibilidad del impacto (Rv)	**A corto plazo**: la tensión puede ser revertida por las actuales condiciones del sistema en un período de tiempo relativamente corto, menos de un año.	**A mediano plazo:** el impacto puede ser revertido por las condiciones naturales del sistema, pero el efecto permanece de 1 a 3 años.	**A largo plazo**: el impacto podrá ser revertido naturalmente en un periodo mayor a tres años, o no sea reversible.
Periodicidad (Pi)	**Aparición irregular**: cuando el efecto ocurre de manera ocasional.	No aplica	**Periódico:** cuando el efecto se produce de manera reiterativa.
Permanencia (Pm)	**Temporal**: el efecto se produce durante un periodo definido de tiempo.	No aplica	**Permanente:** el efecto se mantiene al paso del tiempo.
Recuperabilidad (Rc)	**Recuperable**: que el componente afectado puede volver a contar con sus características.	No aplica	**Irrecuperable:** que el componente afectado no puede volver a contar con sus características (efecto residual).
Frecuencia (F)	**Poco frecuente:** el impacto se presenta en menos de un tercio de las actividades del proyecto.	**Medianamente frecuente:** el impacto se presenta entre un tercio y dos tercios de las actividades del proyecto.	**Muy frecuente:** el impacto se presenta en más de dos tercios de las actividades del proyecto.

A partir de los resultados obtenidos de dicho análisis se pudo calcular el Índice de Incidencia para cada impacto, mediante la aplicación del modelo propuesto por Gómez-Orea (2002)[6] y cuyos pasos se describen a continuación:

Se atribuyó un código numérico a cada carácter del atributo, acotado entre un valor máximo para la más desfavorable y uno mínimo para la más favorable (Tabla 5. 9).

1. El índice de incidencia de cada impacto se evaluó a partir del siguiente algoritmo simple, que consiste en la sumatoria de los valores asignados a los atributos de cada impacto y sus rangos de valor o escala (Expresión V.1):

$$I = C + A + S + T + Rv + Pi + Pm + Rc + F \qquad \text{Expresión V.1}^{7}$$

2. Se estandarizó cada valor de cada impacto entre 0 y 1 mediante la Expresión V.2.

$$\text{Incidencia} = I - Imin \,/\, Imax - Imin \qquad \text{Expresión V.2}$$

Siendo:

I = el valor de incidencia obtenido por un impacto.
Imax= el valor de la expresión en el caso de que los atributos se manifestaran con el mayor valor, que para el caso de esta evaluación será 24, por ser 8 atributos con un valor máximo cada uno de 3.
Imin = el valor de la expresión en caso de que los atributos se manifiesten con el menor valor, que para el caso de esta evaluación será 9, por ser 9 atributos con un valor mínimo cada uno de 1.

La Matriz 5. 2 permitió valorar los impactos ambientales generados en términos de su incidencia, y de este modo conocer los componentes ambientales más afectados por el Proyecto e identificar y evaluar los impactos residuales.

Tabla 5. 9. Rango de significancia de los impactos ambientales evaluados de acuerdo con su Índice de Incidencia.

Rango	Interpretación	Índice de Incidencia
Significativo (S)	Se pueden generar alteraciones que sin medidas afecten el funcionamiento o estructura de los ecosistemas dentro del SA.	0.68 o mayor
No significativo (NS)	Se compromete la integridad de elementos o procesos sin poner en riesgo la estructura y función de los ecosistemas de los que forman parte.	0.34 a 0.67
Despreciables (D)	Alteraciones de muy bajo impacto a elementos o procesos que no comprometen la integridad de los mismos.	0.33 o menor

[6] Domingo Gómez Orea (2002), página 330
[7] Modificado de Gómez-Orea, Domingo. Evaluación de Impacto Ambiental. Mundi-Prensa 2002. Pag. 330

Matriz 5. 2. Evaluación y significancia de impactos ambientales potenciales. SMS/VSA = selva mediana subperennifolia / vegetación secundaria arbórea. p = positivo, n = negativo.

Factor	Impacto	Signo del efecto	Consecuencia (C)	Acumulación (A)	Sinergia (S)	Momento o tiempo (T)	Reversibilidad (Rv)	Periodicidad (Pi)	Permanencia (Pm)	Recuperabilidad (Rc)	Frecuencia (F)	Incidencia	Significancia
Agua	Alteración de la calidad del agua por generación de residuos sólidos, líquidos y peligrosos	n	3	3	3	3	2	3	1	1	2	21	NS
Aire	Alteración de la calidad del aire por generación de material particulado y/o emisiones gaseosas	n	3	1	1	3	1	3	1	1	3	17	NS
Aire	Alteración de la calidad del aire por generación de ruido	n	3	1	3	3	1	3	1	1	3	19	NS
Suelo	Alteración de la calidad del suelo por generación de residuos sólidos, líquidos y peligrosos	n	3	3	3	3	2	3	3	1	2	23	S
Suelo	Modificación de las características del suelo derivadas de la compactación	n	3	1	1	2	3	1	3	3	1	18	NS
Suelo	Pérdida de suelo	n	3	3	3	1	3	1	3	3	1	21	NS
Flora	Modificación de la estructura de la comunidad	n	3	3	3	2	2	1	1	1	1	17	NS
Fauna	Modificación de la estructura de la comunidad	n	3	3	3	2	2	1	1	1	1	17	NS
Paisaje	Fragmentación del paisaje	n	3	3	3	2	3	1	3	3	1	22	S
Paisaje	Modificación visual del paisaje	n	3	3	3	2	3	1	3	3	1	22	S
Socioeconomía	Generación de empleos directos e indirectos	p	3	3	3	3	1	3	3	1	3	23	S
Socioeconomía	Oferta de vivienda y comercio	p	3	3	3	2	2	1	3	1	1	19	NS
Hidrología	Alteración de patrones de escorrentía	n	3	3	3	2	2	1	3	1	1	19	NS
Hidrología	Alteración de la hidrología subterránea	n	1	3	1	3	3	3	3	1	1	19	NS
SMS/VSA	Pérdida de cobertura	n	3	3	3	2	3	1	3	3	1	22	S

Debido a que al estandarizar los valores obtenidos para el Índice de Incidencia el máximo valor posible es 1, los impactos se agruparon en 3 rangos de 0.33 como se muestran en la Tabla 5. 9. La descripción de cada rango y su interpretación se ajustan a las especificidades del SA en cuanto a la integridad de sus componentes, así como a la definición de impacto ambiental relevante citada en el Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en Materia de Evaluación de Impacto Ambiental. En la Matriz 5. 3 (significancia de los impactos ambientales potenciales según su signo y su valor de índice de incidencia) se presentan los impactos identificados ordenados según su signo, su valor del Índice de Incidencia y su correspondiente significancia.

Matriz 5. 3. Significancia de los impactos ambientales potenciales según su signo y su valor de Índice de Incidencia. SMS/VSA = selva mediana subperennifolia / vegetación secundaria arbórea. p = positivo, n = negativo.

Factor	Impacto	Signo del efecto	Incidencia	Índice de incidencia	Significancia
Agua	Alteración de la calidad del agua por generación de residuos sólidos, líquidos y peligrosos	n	21	0.67	NS
Aire	Alteración de la calidad del aire por generación de material particulado y/o emisiones gaseosas	n	17	0.44	NS
Aire	Alteración de la calidad del aire por generación de ruido	n	19	0.56	NS
Suelo	Alteración de la calidad del suelo por generación de residuos sólidos, líquidos y peligrosos	n	23	0.78	S
Suelo	Modificación de las características del suelo derivadas de la compactación	n	18	0.50	NS
Suelo	Pérdida de suelo	n	21	0.67	NS
Flora	Modificación de la estructura de la comunidad	n	17	0.44	NS
Fauna	Modificación de la estructura de la comunidad	n	17	0.44	NS
Paisaje	Fragmentación del paisaje	n	22	0.72	S
Paisaje	Modificación visual del paisaje	n	22	0.72	S
Socioeconomía	Generación de empleos directos e indirectos	p	23	0.78	S
Socioeconomía	Oferta de vivienda y comercio	p	19	0.56	NS
Hidrología	Alteración de patrones de escorrentía	n	19	0.56	NS
Hidrología	Alteración de la hidrología subterránea	n	19	0.56	NS
SMS/VSA	Pérdida de cobertura	n	22	0.72	S

La conjunción de los diferentes análisis descritos hasta ahora permitió cuantificar los diferentes impactos de posible generación durante el desarrollo del Proyecto, así como definir y ratificar las estrategias de mitigación y compensación de los mismos. Por otro lado, fue posible identificar las actividades de alta prioridad por la importancia de los impactos que pudieran generar. Los resultados de los procesos mencionados se muestran a continuación.

5.3.3. Determinación de la Significancia

La determinación de la significancia o relevancia de un impacto es la tarea que muestra de forma más convincente el carácter multidisciplinario de la evaluación de impacto ambiental. Para poder estimar y medir la alteración de los diferentes componentes ambientales se requiere de un conocimiento profundo y especializado de los mismos, así como de la legislación que les afecta y de los criterios de evaluación utilizados por la comunidad científica. Por ello en esta etapa se requiere de manera más intensiva del juicio de expertos (Gómez Orea 2002).

Criterio jurídico

La significancia de los impactos evaluados se determinó de acuerdo con la definición de “impacto significativo” establecida en el Reglamento de la Ley General de Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en Materia de Evaluación de Impacto Ambiental (REIA), que en su Fracción IX del Artículo 3 dice a la letra:

IX. Impacto ambiental significativo o relevante: Aquel que resulta de la acción del hombre o de la naturaleza, que provoca alteraciones en los ecosistemas y sus recursos naturales o en la salud, obstaculizando la existencia y desarrollo del hombre y de los demás seres vivos, así como la continuidad de los procesos naturales.

Esta definición y su consecuente razonamiento, indican que no todos los impactos deben atenderse de la misma manera, sino que es necesario centrar la atención en los impactos clave, es decir, aquellos que potencialmente pueden generar desequilibrios ecológicos o ecosistémicos o que puedan sobrepasar límites establecidos en normas jurídicas específicas, sin menosprecio de las acciones que se puedan desarrollar para mitigar los impactos despreciables. Por ello es necesario describir y analizar los criterios que, con base en la definición arriba descrita, se consideraron en este caso.

Para atender el requerimiento de la autoridad, en el Capítulo 7 se consideran medidas para evitar, compensar o mitigar todos y cada uno de los impactos ambientales identificados, sin embargo, en este capítulo se hace énfasis en aquellos que son considerados en la legislación.

El atributo de significativo o relevante lo alcanza un impacto cuando el componente o subcomponente ambiental que recibirá el efecto del mismo adquiere la importancia especial reconocida en las leyes, en los planes y programas, en las Normas Oficiales Mexicanas, y demás instrumentos jurídicos aplicables para la protección al ambiente, respecto a la posibilidad de generar desequilibrios ecológicos o rebasar límites establecidos. En este último caso, es conveniente citar como efecto el reconocimiento del estatus de protección que alcanzan las especies enlistadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010 con las siguientes categorías de riesgo:

- Probablemente extinta en el medio silvestre.
- En peligro de extinción.
- Amenazada.
- Sujeta a protección especial.

El nivel de significancia del impacto que pudiera incidir sobre alguna de estas especies, radica en el estatus de protección que le asigne la Norma; así resulta obvio que el impacto sobre una especie con estatus de “en peligro de extinción” puede alcanzar un mayor significado ambiental que si la especie estuviera catalogada en estatus de protección especial. De esta forma, las medidas de mitigación ante tal impacto deberán ser diseñadas conforme a esta lógica, de tal forma que todos los impactos se encuentren atendidos en la justa medida de su significancia.

Igualmente, dentro de este criterio se consideran los límites y parámetros establecidos en los instrumentos legales, normativos y de política ambiental que de acuerdo a los Artículos 28 y 35 de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA) deben considerarse en la evaluación de impacto ambiental. Las acciones que se lleven a cabo en las diferentes etapas del proyecto deberán apuntalar el cumplimiento de las disposiciones jurídicas.

Criterio ecosistémico (integridad funcional)

La integridad funcional de los ecosistemas está dada por la interacción entre sus componentes bióticos y abióticos de tal forma que se mantengan las múltiples funciones del ecosistema por tiempo indefinido (Crabbé et al. 1999). Callicot et al. (1997) la definen también como el conjunto de poblaciones de especies nativas en su abundancia y variedad históricas, que interactúan en comunidades bióticas naturalmente establecidas.

El nivel significativo de un impacto según este criterio se reconoce cuando es capaz de afectar el funcionamiento de uno o más procesos del ecosistema, de forma tal que su efecto puede generar una alteración entre componentes ambientales y con ello un desequilibrio ecológico (p.ej. reducción del gasto ecológico de un río, eliminando las condiciones de permanencia de un bosque de galería).

Criterio de calidad ambiental (percepción del valor ambiental)

La valoración ambiental está basada en un enfoque antropocéntrico y utilitario. Aunque no incluye todos los posibles valores, es más amplia de lo que parece y recoge o trata de recoger todos los que contribuyen a la satisfacción o bienestar de la humanidad. El medio ambiente o los bienes ambientales proporcionan distintos servicios a la humanidad que determinan su valor y son los siguientes (Linares y López, 2008):

- Fuente de recursos productivos: se puede medir por su contribución a la generación de beneficios en las actividades de producción.

- Sumidero de residuos: contribuyen a la función de producción y se pueden medir a partir de los precios de mercado de los bienes en cuya producción participan.

- Fuente de utilidad (no asociada a la producción): se deriva del disfrute de los bienes ambientales y puede tener carácter consuntivo (ej. pesca) o no (ej. senderismo), o simplemente a través del conocimiento de la protección de estos bienes (valor de existencia).

- Servicios de soporte a la vida en la Tierra. Regulación del clima, mantenimiento de la capa de ozono, ciclos hidrológicos y de nutrientes.

Una interpretación errónea del valor ambiental es estimar el mismo a partir del costo de reemplazo; es decir, determinarlo en función de lo que costaría sustituir los servicios del bien ambiental por otros similares, ya que esto no considera un gran número de beneficios que son irremplazables (Linares y López, 2008).

El carácter de significativo lo alcanza el impacto a partir del conocimiento generalizado existente sobre la importancia del recurso, ambiente o ecosistema para cubrir necesidades humanas o brindar servicios ambientales. Este criterio se basa en dictámenes técnicos o científicos, tales como los estudios realizados para la presente manifestación de impacto ambiental.

Criterio de capacidad de carga

La capacidad de carga es una herramienta de planificación usada principalmente en áreas naturales protegidas, que sustenta y requiere decisiones de manejo. La capacidad de carga es relativa y dinámica, porque depende de variables que constituyen apreciaciones y que según las circunstancias pueden cambiar.

Cualquier denominación de capacidad de carga debe basarse en los objetivos del área protegida, los cuales definen la categoría de manejo y limitan los usos que pueden darse dentro de ella. Puesto que la capacidad de carga de un sitio depende de las características particulares del mismo, debe ser determinada para cada lugar por separado (Cifuentes 1992).

La determinación de la capacidad de carga no debe ser tomada como un fin en sí misma ni como la solución a los problemas de visitación de un área protegida, ya que las decisiones en las que se basa, siendo humanas, estarán sujetas a consideraciones (o presiones) de orden social, económico y político que podrían desvirtuar la utilidad de la capacidad de carga como una herramienta de manejo (Cifuentes 1992).

5.4. Análisis de Resultados

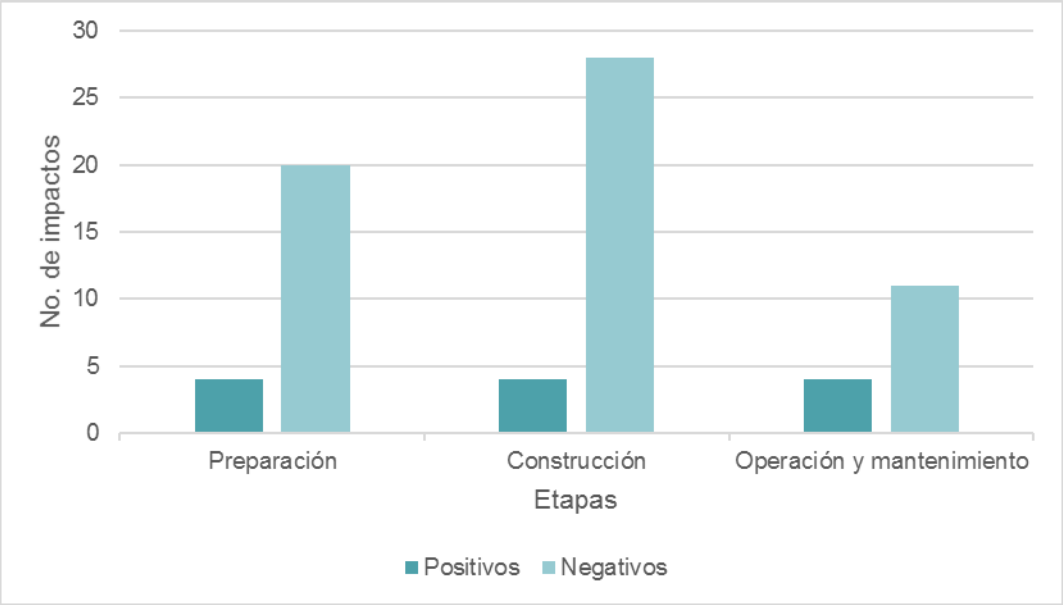
En las listas de chequeo se presentó el análisis objetivo de los factores del entorno susceptibles de ser impactados y los tipos de impactos que podrán ser generados por cada actividad del Proyecto. Esta lista es de gran certidumbre ya que en su realización se consideró el juicio de los expertos participantes en la evaluación de impacto ambiental de proyectos similares desarrollados en otros puntos del país, o de tipo habitacional desarrollados en el mismo SA, así como los análisis de múltiples estudios realizados en la zona.

Considerando que las listas de chequeo y matrices de interacción tienen como limitante principal la identificación y evaluación de impactos acumulativos y sinérgicos, estos tipos de impactos fueron identificados por el juicio de expertos e incorporados a dichas listas y matrices como factores de impacto ambiental a valorar. A continuación, se presenta el análisis de resultados para las obras y actividades derivadas del desarrollo del Proyecto.

Con base en el número de obras y/o actividades que se evaluaron, y en el número de impactos probables a los diferentes factores del medio identificados, se obtuvo un número máximo de 170 interacciones posibles. Sin embargo, el desarrollo del Proyecto solo generará 71 interacciones, que representan el 47% del total de interacciones posibles.

Del total de interacciones posibles identificadas 59 (equivalente al 83.10%) serán negativas y 12 (equivalentes al 19.90%) serán positivas. La etapa que generará mayor número de impactos negativos será la de construcción, con 28 que equivalen al 87.50% de los impactos generados en dicha etapa; la etapa de preparación y operación y mantenimiento generarán 20 y 11 impactos negativos respectivamente, equivalentes al 83.33% y 73.33% del total de impactos generados en cada una de estas etapas (Figura 5. 2).

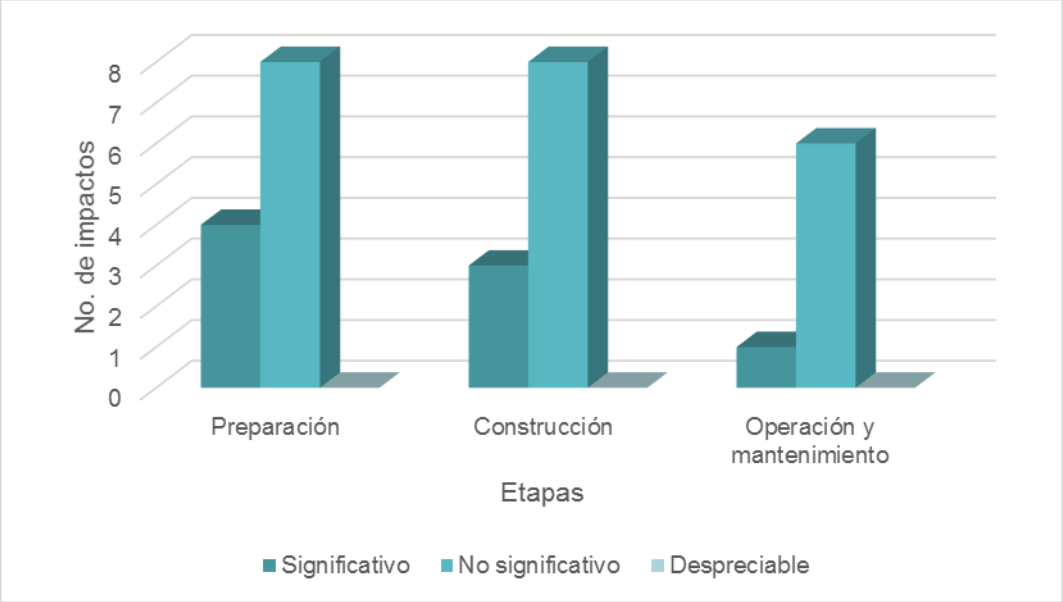
Figura 5. 2. Numero de impactos negativos y positivos que se espera sean generados en cada etapa de desarrollo del Proyecto.



Del total de impactos negativos identificados el 0.00% se han considerado como despreciables, 69.23% como no significativos y 30.73% como significativos (Figura 5. 3).

Las actividades que generarán el mayor número de impactos negativos serán el desmonte y despalme en la etapa de preparación, la construcción de vialidades y edificaciones y el relleno, nivelación y excavación, ambas en la etapa de construcción. En cuanto a los factores del medio, los que recibirán el mayor número de impactos negativos serán el aire y el suelo.

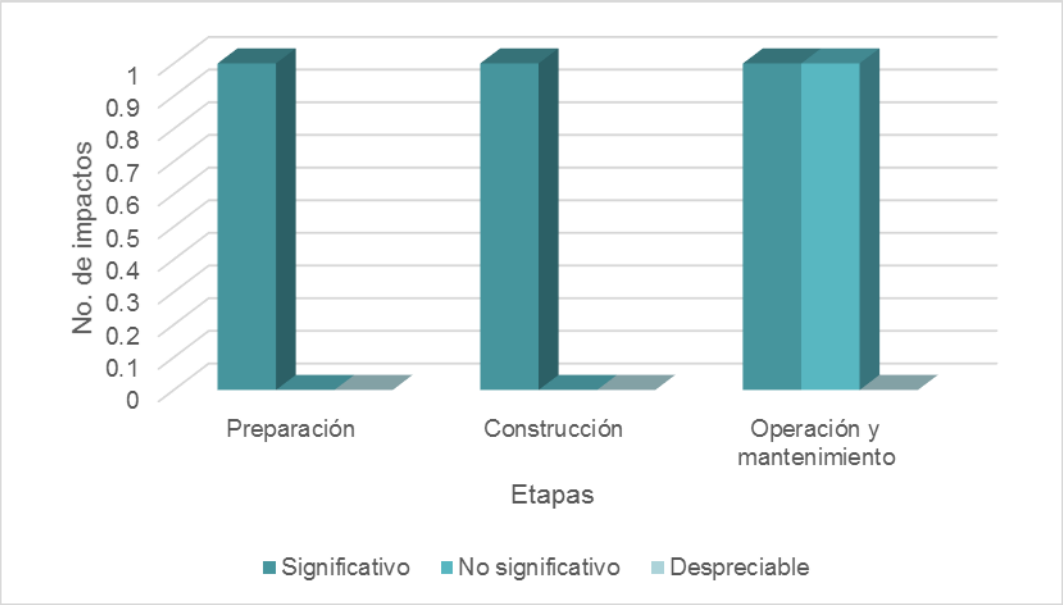
Figura 5. 3. Número de impactos negativos de acuerdo a su significancia, que se estima serán generados durante las diferentes etapas de desarrollo del Proyecto.



Del total de impactos positivos identificados, 50.00% se han considerado como significativos y el 50.00% como no significativos. Las tres etapas (preparación, construcción y operación y mantenimiento) generarán un impacto significativo positivo (Figura 5. 4).

La actividad que generará el mayor número de impactos positivos será la ocupación de vivienda y actividades comerciales, situadas ambas en la etapa de operación y mantenimiento. En cuanto a los factores del medio, el que recibirá el mayor número de impactos positivos será la socioeconomía.

Figura 5. 4. Número de impactos positivos de acuerdo a su significancia, que se estima serán generados durante las diferentes etapas de desarrollo del Proyecto.



De los impactos totales identificados, tanto positivos como negativos, el 93.3% resultó de tipo directo mientras que el 6.67% fue indirecto. El 80% de los impactos identificados fueron acumulativos y sinérgicos. El 40.00% de los impactos totales fueron reversibles a largo plazo, el 40.00% a mediano plazo y el 20.00% a corto plazo. En cuanto a la periodicidad, el 40.00% de los impactos fue reiterativo y el 60% fue esporádico. El 66.67% de los impactos identificados se consideraron permanentes, mientras que el 33.33% fueron temporales. El 33.33% de los impactos se calificaron como residuales.

En la siguiente Tabla 5. 10, se presenta de forma integrada las actividades por etapa del Proyecto, que han sido identificadas como generadoras de impactos ambientales, así como los tipos de impactos que generarán y el factor ambiental susceptible de recibir el impacto.

Tabla 5. 10. Actividad por etapa del Proyecto que generarán impactos ambientales. (+) impacto positivo, (-) impacto negativo.

Etapa	Actividad	Factor	Impacto
Preparación	Trazo, delimitación y marcaje	Aire	(-) Alteración de la calidad del aire por generación de ruido
		Suelo	(-) Alteración de la calidad del suelo por generación de residuos sólidos, líquidos y peligrosos
		Fauna	(-) Modificación de la estructura de la comunidad
		Socioeconomía	(+) Generación de empleos directos e indirectos
	Prospección del área	Socioeconomía	(+) Generación de empleos directos e indirectos
	Desmonte y despalme	Aire	(-) Alteración de la calidad del aire por generación de ruido
			(-) Alteración de la calidad del aire por generación de material particulado y/o emisiones gaseosas
		Suelo	(-) Alteración de la calidad del suelo por generación de residuos sólidos, líquidos y peligrosos
			(-) Modificación de las características del suelo derivadas de la compactación
			(-) Pérdida de suelo
		Flora	(-) Modificación de la estructura de la comunidad
		Fauna	(-) Modificación de la estructura de la comunidad
		Paisaje	(-) Fragmentación del paisaje
			(-) Modificación visual del paisaje
		Socioeconomía	(+) Generación de empleos directos e indirectos
		Hidrología	(-) Alteración de la hidrología subterránea
		SMS/VSA	(-) Pérdida de cobertura
	Instalación de obras provisionales	Agua	(-) Alteración de la calidad del agua por generación de residuos sólidos, líquidos y peligrosos
		Aire	(-) Alteración de la calidad del aire por generación de ruido
			(-) Alteración de la calidad del aire por generación de material particulado y/o emisiones gaseosas
		Suelo	(-) Alteración de la calidad del suelo por generación de residuos sólidos, líquidos y peligrosos
		Socioeconomía	(+) Demanda de mano de obra, servicios e insumos
		Paisaje	(-) Fragmentación del paisaje
			(-) Modificación visual del paisaje
Construcción	Operación de obras provisionales	Agua	(-) Alteración de la calidad del agua por generación de residuos sólidos, líquidos y peligrosos
		Aire	(-) Alteración de la calidad del aire por generación de ruido
			(-) Alteración de la calidad del aire por generación de material particulado y/o emisiones gaseosas
		Suelo	(-) Alteración de la calidad del suelo por generación de residuos sólidos, líquidos y peligrosos
			(-) Modificación de las características del suelo derivadas de la compactación
		Flora	(-) Modificación de la estructura de la comunidad
		Fauna	(-) Modificación de la estructura de la comunidad
		Socioeconomía	(+) Demanda de mano de obra, servicios e insumos
	Relleno, nivelación y excavación	Agua	(-) Alteración de la calidad del agua por generación de residuos sólidos, líquidos y peligrosos
		Aire	(-) Alteración de la calidad del aire por generación de ruido
			(-) Alteración de la calidad del aire por generación de material particulado y/o emisiones gaseosas
		Suelo	(-) Alteración de la calidad del suelo por generación de residuos sólidos, líquidos y peligrosos
			(-) Modificación de las características del suelo derivadas de la compactación
		Flora	(-) Modificación de la estructura de la comunidad
		Fauna	(-) Modificación de la estructura de la comunidad
		Socioeconomía	(+) Demanda de mano de obra, servicios e insumos
		Hidrología	(-) Alteración de los patrones de escorrentía

Etapa	Actividad	Factor	Impacto
	Construcción de vialidades y edificaciones	Agua	(-) Alteración de la calidad del agua por generación de residuos sólidos, líquidos y peligrosos
		Aire	(-) Alteración de la calidad del aire por generación de ruido
			(-) Alteración de la calidad del aire por generación de material particulado y/o emisiones gaseosas
		Suelo	(-) Alteración de la calidad del suelo por generación de residuos sólidos, líquidos y peligrosos
		Fauna	(-) Modificación de la estructura de la comunidad
		Paisaje	(-) Fragmentación del paisaje
			(-) Modificación visual del paisaje
		Socioeconomía	(+) Demanda de mano de obra, servicios e insumos
		Hidrología	(-) Alteración de los patrones de escorrentía
			(-) Alteración de la hidrología subterránea
	Instalación de servicios	Agua	(-) Alteración de la calidad del agua por generación de residuos sólidos, líquidos y peligrosos
		Aire	(-) Alteración de la calidad del aire por generación de ruido
			(-) Alteración de la calidad del aire por generación de material particulado y/o emisiones gaseosas
		Suelo	(-) Alteración de la calidad del suelo por generación de residuos sólidos, líquidos y peligrosos
		Socioeconomía	(+) Demanda de mano de obra, servicios e insumos
Operación y mantenimiento	Ocupación de vivienda	Agua	(-) Alteración de la calidad del agua por generación de residuos sólidos, líquidos y peligrosos
		Aire	(-) Alteración de la calidad del aire por generación de ruido
			(-) Alteración de la calidad del aire por generación de material particulado y/o emisiones gaseosas
		Suelo	(-) Alteración de la calidad del suelo por generación de residuos sólidos, líquidos y peligrosos
		Flora	(-) Modificación de la estructura de la comunidad
		Fauna	(-) Modificación de la estructura de la comunidad
		Socioeconomía	(+) Demanda de mano de obra, servicios e insumos
			(-) Oferta de vivienda y comercio
		Hidrología	(-) Alteración de la hidrología subterránea
	Actividades comerciales	Agua	(-) Alteración de la calidad del agua por generación de residuos sólidos, líquidos y peligrosos
		Aire	(-) Alteración de la calidad del aire por generación de ruido
			(-) Alteración de la calidad del aire por generación de material particulado y/o emisiones gaseosas
		Suelo	(-) Alteración de la calidad del suelo por generación de residuos sólidos, líquidos y peligrosos
		Socioeconomía	(+) Demanda de mano de obra, servicios e insumos
			(-) Oferta de vivienda y comercio

A continuación, se describen los impactos al medio natural y al socioeconómico a partir de los factores del medio en los que incidirán.

5.4.1. Impactos en el Medio Natural

Los factores del medio natural identificados como susceptibles de verse afectados por el desarrollo del Proyecto fueron el agua, aire, suelo, flora, fauna, paisaje, hidrología y la selva mediana subperennifolia / vegetación secundaria arbórea. A continuación, se describen los impactos identificados para cada factor.

5.4.1.1. Agua

Impacto	Alteración de la calidad del agua por generación de residuos sólidos, líquidos y peligrosos		**Signo**	Negativo	**Factor afectado**		Agua
Valoración de atributos del impacto[8]							
Consecuencia	**Acumulación**	**Sinergia**	**Momento o tiempo**	**Reversibilidad**	**Periodicidad**	**Permanencia**	**Recuperabilidad**	**Frecuencia**
3	3	3	3	2	3	1	1	2
Índice de incidencia			0.67		**Significancia**		No significativo	
Acciones generadoras del impacto por etapa								
Preparación			**Construcción**			**Operación y mantenimiento**		
• Instalación de obras provisionales			• Operación de obras provisionales • Relleno, nivelación y excavación • Construcción de vialidades y edificaciones • Instalación de servicios			• Ocupación de vivienda • Actividades comerciales		

Alteración de la calidad del agua por generación de residuos sólidos, líquidos y peligrosos. El desarrollo del Proyecto podrá generar la alteración de la calidad del agua de manera indirecta debido a la generación de residuos sólidos o líquidos que lleguen a estar en contacto con el suelo y que por medio de la lluvia filtren sustancias al manto freático. Cuando el Proyecto ya cuente con viviendas y lotes comerciales funcionando, este impacto podría ser mayor debido al aumento en el volumen de aguas residuales que será generado.

Este impacto fue valorado como directo, de larga duración y recuperable, también se consideró como no significativo esto debido a que el Proyecto cuenta con medidas de prevención y mitigación para la atención de este impacto. Entre éstas, se encuentran el acopio de los residuos en sitios especialmente designados para ello, que contarán con todos los lineamientos necesarios para evitar el contacto con el suelo o su escurrimiento a éste, así mismo se realizará la construcción por separado del drenaje pluvial y el sanitario.

La contaminación del agua fue considerado un impacto acumulativo debido a las otras posibles fuentes de contaminación que puede tener el factor agua, al encontrarse en un área con un desarrollo urbano y turístico en constante crecimiento.

[8] Consultar Tabla 5. 8. Descripción de la escala de los atributos para evaluar impactos ambientales. Consultar para referencia de todas las tablas presentadas en este apartado.

5.4.1.2. Aire

Impacto	Alteración de la calidad del aire por generación de material particulado y/o emisiones gaseosas		Signo	Negativo		Factor afectado		Aire
Valoración de atributos del impacto								
Consecuencia	**Acumulación**	**Sinergia**	**Momento o tiempo**	**Reversibilidad**	**Periodicidad**	**Permanencia**	**Recuperabilidad**	**Frecuencia**
3	1	1	3	1	3	1	1	3
Índice de incidencia			0.44		**Significancia**		No significativo	
Acciones generadoras del impacto por etapa								
Preparación			**Construcción**			**Operación y mantenimiento**		
• Desmonte y despalme • Instalación de obras provisionales			• Operación de obras provisionales • Relleno, nivelación y excavación • Construcción de vialidades y edificaciones • Instalación de servicios			• Ocupación de vivienda • Actividades comerciales		

Alteración de la calidad del aire por generación de material particulado y/o emisiones gaseosas. En la etapa de preparación se generarán gases y polvos durante las actividades de desmonte de la vegetación y despalme del terreno, tanto por la remoción de la tierra y restos vegetales, como por el uso de la maquinaria pesada. En la etapa de preparación durante la instalación de obras provisionales, así como todas las acciones de la etapa de construcción se generarán gases y/o polvos, ya que se requiere el uso de algún tipo de maquinaria con motores de combustión interna, así como del uso de materiales para la construcción de las vialidades y edificaciones, tales como polvo de piedra, gravas y sascab, las cuales dispersan partículas al ambiente. Durante la etapa de operación se deberá a la circulación de vehículos automotores, así como al funcionamiento de maquinaria o equipo con motores de combustión interna, tales como podadoras, sopladoras, estufas de gas, calentadores de agua a base de gas, etc.

Este impacto se consideró como no significativo debido a que el área donde se ubica el Proyecto se encuentra muy cerca de la línea de costa y carece de elevaciones topográficas importantes, por lo que se encuentra cotidianamente expuesta a los vientos los cuales retiran los gases y polvos que se encuentran en la atmósfera.

Sin embargo, es importante resaltar que, aunque dichos gases y polvos no representan un impacto significativo a nivel local o regional, sí coadyuvan a la generación de otros problemas a nivel global como la acumulación de gases de efecto invernadero, causantes del calentamiento del planeta. Como medida de mitigación a este impacto el Proyecto mantendrá una superficie de 2.66 ha que corresponde al 25% de la superficie del Proyecto como área de conservación, así como 1.76 ha de áreas verdes que corresponden al 16.27% de la superficie del Proyecto. Asimismo, las áreas verdes estarán compuestas por especies de árboles o arbustos nativos para aumentar la captura de carbono y mantener áreas sombreadas que eviten la elevación de la temperatura a nivel local.

Impacto	Alteración de la calidad del aire por generación de ruido		Signo	Negativo	Factor afectado		Aire
Valoración de atributos del impacto							
Consecuencia	**Acumulación**	**Sinergia**	**Momento o tiempo**	**Reversibilidad**	**Periodicidad**	**Permanencia**	**Recuperabilidad**	**Frecuencia**
3	1	3	3	1	3	1	1	3
Índice de incidencia			0.56		**Significancia**		No significativo	
Acciones generadoras del impacto por etapa								
Preparación			**Construcción**			**Operación y mantenimiento**		
• Trazo, delimitación y marcaje • Desmonte y despalme • Instalación de obras provisionales			• Operación de obras provisionales • Relleno, nivelación y excavación • Construcción de vialidades y edificaciones • Instalación de servicios			• Ocupación de vivienda • Actividades comerciales		

Alteración de la calidad del aire por generación de ruido. Durante las etapas de preparación y construcción este impacto será generado por actividades relacionadas con el uso de maquinaria pesada con motores de combustión interna, tales como retroexcavadoras, tractores, volquetes, zanjeadoras, aplanadoras, etc. Asimismo, el manejo de material de gran peso y volumen y su depósito en las zonas de obra del Proyecto también generará ruido durante la etapa de construcción.

Durante las tres etapas de Proyecto este impacto podrá ser generado también por otras actividades que impliquen el uso de maquinaria ligera con motores de combustión interna o eléctricos tales como motosierras, podadoras, desbrozadoras, sopladoras, pistolas de aire, etc.

En la etapa de operación y mantenimiento el uso de las áreas públicas generará ruido debido a las diversas actividades que se llevarán a cabo por la ocupación de la vivienda y lotes comerciales, tales como actividades recreativas, mantenimiento de equipo, limpieza de la infraestructura, tránsito de vehículos, etc.

Este impacto será de corto plazo y, a pesar de ser temporal, será generado constantemente durante todas las etapas de desarrollo del Proyecto. Para mitigar este impacto en las etapas de preparación y construcción, todo el equipo y maquinaria que se utilice deberá encontrarse en óptimas condiciones mecánicas. Asimismo, se establecerá el estricto apego a la NOM-080-SEMARNAT-1994 que establece los niveles máximos permisibles de emisión de ruido proveniente del escape de vehículos automotores.

5.4.1.3. Suelo

Impacto	Alteración de la calidad del suelo por generación de residuos sólidos, líquidos y peligrosos		Signo	Negativo	Factor afectado		Suelo
Valoración de atributos del impacto							
Consecuencia	**Acumulación**	**Sinergia**	**Momento o tiempo**	**Reversibilidad**	**Periodicidad**	**Permanencia**	**Recuperabilidad**	**Frecuencia**
3	3	3	3	2	3	3	1	2
Índice de incidencia			0.78		**Significancia**		Significativo	

Acciones generadoras del impacto por etapa		
Preparación	**Construcción**	**Operación y mantenimiento**
• Trazo, delimitación y marcaje • Desmonte y despalme • Instalación de obras provisionales	• Operación de obras provisionales • Relleno, nivelación y excavación • Construcción de vialidades y edificaciones • Instalación de servicios	• Ocupación de vivienda • Actividades comerciales

Alteración de la calidad del suelo por generación de residuos sólidos, líquidos y peligrosos. La alteración de la calidad del suelo se deberá principalmente a la generación de residuos sólidos, líquidos y peligrosos durante las tres etapas del Proyecto. La generación de residuos podría ocasionar la contaminación del suelo de no manejarse adecuadamente. El tipo de residuos generados durante las etapas de preparación del sitio y construcción del Proyecto será diferente a los que se generen durante la operación.

Durante la preparación y construcción se espera la generación de residuos sólidos por la presencia de los trabajadores, en especial por el consumo de alimentos y por las actividades propias de la obra. Se espera que el tipo de residuos generados por los trabajadores sea papel, envolturas, empaques, contenedores de vidrio, cartón, aluminio, metal y plástico, y una pequeña cantidad de materia orgánica; así como materiales propios de la construcción tales como madera, plásticos, papel, cartón, entre otros.

Además, se espera la generación de residuos peligrosos derivados del mantenimiento y uso de la maquinaria y equipo, que corresponderán principalmente a envases y estopas contaminados con aceites y combustibles. Además de solventes y pinturas utilizados para la construcción de las edificaciones.

Durante la operación y mantenimiento del Proyecto el tipo de residuos sólidos que se generarán serán principalmente urbanos por las actividades propias de la operación y mantenimiento del desarrollo habitacional, comercial y áreas comunes, así como por las actividades de jardinería de las áreas verdes.

Este impacto fue considerado sinérgico y acumulativo, debido a que el Proyecto se ubica en una zona urbana, que registra una alta intervención de actividades antrópicas, por lo que la probabilidad de contaminación del suelo se ve incrementada a nivel regional.

El proyecto incluye dentro de su diseño la implementación de diversas medidas de manejo integral de residuos que garantizan que los residuos se manejarán adecuadamente (ver Capítulo 7), de tal forma que el riesgo de contaminación disminuye considerablemente.

Impacto	Modificación de las características del suelo derivadas de la compactación		Signo	Negativo	Factor afectado		Suelo
Valoración de atributos del impacto							
Consecuencia	**Acumulación**	**Sinergia**	**Momento o tiempo**	**Reversibilidad**	**Periodicidad**	**Permanencia**	**Recuperabilidad**	**Frecuencia**
3	1	1	2	3	1	3	3	1
Índice de incidencia			0.50		**Significancia**		No significativo	
Acciones generadoras del impacto por etapa								
Preparación			**Construcción**			**Operación y mantenimiento**		
• Desmonte y despalme			• Operación de obras provisionales • Relleno, nivelación y excavación					

Modificación de las características del suelo derivadas de la compactación. La compactación del suelo es un impacto negativo que implica la pérdida del recurso suelo debido a que modifica su estructura física, disminuyendo la porosidad y por lo tanto afectando diversos procesos físicos y químicos que suceden naturalmente.

Este impacto será provocado por el paso constante de trabajadores, de maquinaria pesada y vehículos requeridos para las labores de desmonte y despalme, operación de obras provisionales y el relleno, nivelación y excavación del terreno.

Este impacto fue considerado como residual ya que el suelo modificado designado para la ocupación permanente de la infraestructura, no volverá a contar con sus características posterior a la realización de las actividades que lo generan.

Como medida de mitigación a este impacto el Proyecto mantendrá una superficie de 2.66 ha que corresponde al 25% de la superficie del Proyecto como área de conservación, así como 1.76 ha de áreas verdes que corresponden al 16.27% de la superficie del Proyecto.

Impacto	Pérdida de suelo		Signo	Negativo	Factor afectado		Suelo
Valoración de atributos del impacto							
Consecuencia	**Acumulación**	**Sinergia**	**Momento o tiempo**	**Reversibilidad**	**Periodicidad**	**Permanencia**	**Recuperabilidad**	**Frecuencia**
3	3	3	1	3	1	3	3	1
Índice de incidencia			0.67		**Significancia**		No significativo	
Acciones generadoras del impacto por etapa								
Preparación			**Construcción**			**Operación y mantenimiento**		
• Desmonte y despalme								

Pérdida de suelo. Este se consideró un impacto residual debido a que el desarrollo del Proyecto requerirá un área de aprovechamiento de 7.98 ha, en la cual no solo se eliminará la vegetación original, sino que en su mayor parte se retirará la capa de suelo y se recubrirá con material impermeable para desplantar la infraestructura, por lo que el proceso de formación de suelo se verá interrumpido al no contar con las condiciones necesarias para llevarse a cabo, tales como la acumulación y descomposición de materia orgánica, intercambio de gases y captación de agua de lluvia.

Este impacto también fue considerado como acumulativo, debido a que el Proyecto se ubica en una zona urbana, que registra una alta intervención de actividades antrópicas, siendo una de las principales el cambio de uso de suelo para la construcción, por lo que la probabilidad de la pérdida de este recurso se ve incrementada a nivel regional.

5.4.1.4. Flora

Impacto	Modificación de la estructura de la comunidad		**Signo**	Negativo	**Factor afectado**		Flora
Valoración de atributos del impacto							
Consecuencia	**Acumulación**	**Sinergia**	**Momento o tiempo**	**Reversibilidad**	**Periodicidad**	**Permanencia**	**Recuperabilidad**	**Frecuencia**
3	3	3	2	2	1	1	1	1
Índice de incidencia			0.44		**Significancia**		No significativo	
Acciones generadoras del impacto por etapa								
Preparación			**Construcción**		**Operación y mantenimiento**			
• Desmonte y despalme			• Operación de obras provisionales • Relleno nivelación y excavación		• Ocupación de vivienda			

<u>Modificación de la estructura de la comunidad.</u> Durante la etapa de preparación las actividades de desmonte y despalme implicarán la remoción de individuos de diversas especies de plantas.

Durante la etapa de construcción en la operación de obras provisionales y el relleno, nivelación y excavación algunos árboles podrían resultar dañados por ser usados como postes para doblar varillas, colgar objetos, etc., por parte del personal de la obra. De igual forma, el paso constante del personal de obra podría eliminar la cubierta vegetal de manera parcial en ciertas zonas.

Durante la etapa de operación, el uso de las edificaciones para vivienda requerirá de un diseño de jardines que eliminará algunas de las especies de plantas que se desarrollen de forma natural en el sitio y, por el mantenimiento de la infraestructura eventualmente se requerirá de retirar algunos ejemplares que por sus características representen un riesgo para las instalaciones o las personas.

Este impacto presentó un índice de incidencia que lo califica como no significativo ya que, aunque será un impacto directo y sinérgico, las actividades que lo generarán serán de mediana duración, y el impacto puede ser revertido a corto plazo por medio de labores de rescate, reforestación y ajardinado con especies nativas (ver Capítulo 7).

La pérdida de individuos, es quizá, uno de los principales problemas ambientales que se registra no solo a nivel local, sino regional. Las causas de su origen son varias, y estás van desde la modificación del entorno, hasta la realización de actividades turísticas, por señalar algunas, es por lo anterior que este impacto fue considerado como acumulativo, debido a que son diversas las acciones que inciden en esta problemática ambiental.

Sin embargo, el Proyecto considera como medida de mitigación por la generación de este impacto, la realización de actividades de rescate y reubicación de vegetación, las que se llevarán a cabo previo al inicio de las obras.

5.4.1.5. Fauna

Impacto	Modificación de la estructura de la comunidad		Signo	Negativo	Factor afectado		Fauna
Valoración de atributos del impacto							
Consecuencia	**Acumulación**	**Sinergia**	**Momento o tiempo**	**Reversibilidad**	**Periodicidad**	**Permanencia**	**Recuperabilidad**	**Frecuencia**
3	3	3	2	2	1	1	1	1
Índice de incidencia			0.44		**Significancia**		No significativo	
Acciones generadoras del impacto por etapa								
Preparación			**Construcción**			**Operación y mantenimiento**		
• Trazo, delimitación y marcaje • Desmonte y despalme			• Operación de obras provisionales • Relleno, nivelación y excavación • Construcción de vialidades y edificaciones			• Ocupación de vivienda		

Modificación de la estructura de la comunidad. Este impacto se generará durante la etapa de preparación debido a que las especies de fauna serán ahuyentadas por las actividades humanas, lo que provocará pérdida de individuos en el Proyecto. De manera directa, el desmonte y despalme podrá afectar individuos de especies de fauna que no hayan podido ser rescatado, ya sea porque vivan bajo tierra, sean de pequeño tamaño o de lento desplazamiento. De manera indirecta, esta actividad implicará la pérdida de individuos de fauna nativa, que abandonarán el lugar debido a que ya no contará con las características necesarias para ser habitado. El desmonte y despalme eliminarán áreas de alimentación, refugio, reproducción y descanso para la fauna local, especialmente anfibios, reptiles y mamíferos pequeños.

Durante la etapa de construcción las diferentes actividades que se llevarán a cabo afectarán directamente a la fauna local ya que la presencia del personal de la obra ahuyentará a las especies más sensibles. Asimismo, existe la posibilidad de que el personal de la obra dañe accidental o intencionalmente a individuos de ciertas especies de fauna, por considerarlas peligrosas, comestibles o de alguna otra utilidad.

En la etapa de operación las diversas actividades que se llevarán a cabo al interior de los lotes, como el tránsito de vehículos, el alumbrado nocturno y el ruido, entre otras, evitarán que diversas especies de fauna recolonicen el sitio, además de que la cobertura vegetal será menor y ofrecerá menos nichos para la fauna nativa.

Tal y como fue mencionado en el apartado 5.4.1.4. Flora, la pérdida de individuos, es quizá, una de las principales problemáticas ambientales que se registran a nivel local y regional, originado por diversas causas, es por lo anterior que este impacto también fue considerado como acumulativo.

Sin embargo, el Proyecto considera como medida de mitigación por la generación de este impacto, la realización de actividades de rescate y reubicación de fauna silvestre, las que se llevarán a cabo previo al inicio de las obras.

5.4.1.6. Paisaje

Impacto	Fragmentación y modificación visual del paisaje		Signo	Negativos	Factor afectado		Paisaje
Valoración de atributos del impacto							
Consecuencia	**Acumulación**	**Sinergia**	**Momento o tiempo**	**Reversibilidad**	**Periodicidad**	**Permanencia**	**Recuperabilidad**	**Frecuencia**
3	3	3	2	3	1	3	3	1
Índice de incidencia			0.72		**Significancia**		Significativos	
Acciones generadoras del impacto por etapa								
Preparación			**Construcción**			**Operación y mantenimiento**		
• Desmonte y despalme • Instalación de obras provisionales			• Construcción de vialidades y edificaciones					

Fragmentación y modificación visual del paisaje. Este impacto deriva de las actividades de desmonte y despalme, la instalación de obras provisionales y la construcción de vialidades y edificaciones, en las etapas de preparación y construcción, las que interrumpirán la continuidad de la selva mediana subperennifolia / vegetación secundaria arbórea e insertarán elementos nuevos al ambiente que modificarán la condición visual del paisaje.

Este impacto se evaluó como significativo, acumulativo y residual debido a que la modificación del entorno es una de las principales problemáticas ambientales que se registran a nivel SA y regional, no sólo por proyectos con las mismas características, sino también por otros factores tanto de índole antropogénica como natural. Además, se considera residual debido a que la pérdida de continuidad de la selva no podrá evitarse y a que esta no volverá a contar con sus características posterior a la construcción de las obras proyectadas.

Cabe señalar que el Proyecto se encuentra inserto en un área caracterizada por el desarrollo turístico y urbano, el cual ha sido considerado como parte del desarrollo planeado para esta región, de acuerdo a lo señalado en sus instrumentos de desarrollo territorial (Programa Parcial de Desarrollo Urbano El Jesusito, entre otros), así mismo es importante mencionar que este impacto fue previsto y evaluado en el macroproyecto autorizado Ciudad Mayakoba, del que forma parte el Proyecto.

Como medida de mitigación a este impacto el Proyecto mantendrá una superficie de 2.66 ha que corresponde al 25% de la superficie del Proyecto como área de conservación, así como 1.76 ha de áreas verdes que corresponden al 16.27% de la superficie del Proyecto. Asimismo, las áreas verdes estarán compuestas por especies de árboles o arbustos nativos.

5.4.1.7. Socioeconomía

Impacto	Generación de empleos directos e indirectos		Signo	Positivo	Factor afectado		Socioeconomía	
Valoración de atributos del impacto								
Consecuencia	**Acumulación**	**Sinergia**	**Momento o tiempo**	**Reversibilidad**	**Periodicidad**	**Permanencia**	**Recuperabilidad**	**Frecuencia**
3	3	3	3	1	3	3	1	3
Índice de incidencia			0.78		**Significancia**		Significativo	
Acciones generadoras del impacto por etapa								
Preparación			**Construcción**			**Operación y mantenimiento**		
• Trazo, delimitación y marcaje • Prospección del área • Desmonte y despalme • Instalación de obras provisionales			• Operación de obras provisionales • Relleno, nivelación y excavación • Construcción de vialidades y edificaciones • Instalación de servicios			• Ocupación de vivienda • Actividades comerciales		

Generación de empleos directos e indirectos. Este impacto ha sido considerado como positivo, directo, acumulativo, sinérgico y residual. La generación de empleos derivará de todas las actividades del Proyecto que requieran de mano de obra para su realización, así como de servicios tales como recolección de residuos, supervisión ambiental, mantenimiento de la infraestructura, entre otras, y de la demanda de insumos para la construcción y mantenimiento de las obras. Mediante estas acciones se generarán empleos directos e indirectos, tanto temporales como permanentes.

Impacto	Oferta de vivienda y comercio		Signo	Positivo	Factor afectado		Socioeconomía	
Valoración de atributos del impacto								
Consecuencia	**Acumulación**	**Sinergia**	**Momento o tiempo**	**Reversibilidad**	**Periodicidad**	**Permanencia**	**Recuperabilidad**	**Frecuencia**
3	3	3	2	2	1	3	1	1
Índice de incidencia			0.56		**Significancia**		No significativo	
Acciones generadoras del impacto por etapa								
Preparación			**Construcción**			**Operación y mantenimiento**		
						• Ocupación de vivienda • Actividades comerciales		

Oferta de vivienda y comercio. El aumento de la oferta de vivienda y comercio es un impacto valorado como positivo, debido a que finalizado el Proyecto constituirá una opción más de alojamiento y venta de productos para la población local, nacional y extranjera. En este sentido el aumento de la oferta de vivienda y actividades comerciales constituye un factor favorable para el desarrollo social y económico de la región, promoviendo la reactivación de la economía y la generación de empleos.

5.4.1.8. Hidrología

Impacto	Alteración de patrones de escorrentía e hidrología subterránea		Signo	Negativos	Factor afectado			Hidrología
Valoración de atributos del impacto								
Consecuencia	**Acumulación**	**Sinergia**	**Momento o tiempo**	**Reversibilidad**	**Periodicidad**	**Permanencia**	**Recuperabilidad**	**Frecuencia**
Alteración de patrones de escorrentía								
3	3	3	2	2	1	3	1	1
Alteración de la hidrología subterránea								
1	3	1	3	3	3	3	1	1
Índice de incidencia			0.56		**Significancia**		No significativos	
Acciones generadoras del impacto por etapa								
Preparación			**Construcción**		**Operación y mantenimiento**			
• Desmonte y despalme			• Relleno, nivelación y excavación • Construcción de vialidades y edificaciones		• Ocupación de vivienda			

Alteración de patrones de escorrentía e hidrología subterránea. La alteración de patrones de escorrentía será generada por modificaciones en la topografía debido a las acciones de relleno, nivelación y excavación, así como la construcción de vialidades y edificaciones durante la etapa de construcción del Proyecto, de manera particular éstas últimas, representarán barreras para el movimiento natural superficial del agua.

El impacto a la hidrología subterránea será provocado por el desmonte y la construcción de infraestructura que modificará la capacidad de recarga del acuífero al generar zonas no permeables y disminuir la capacidad de captación de agua por parte de la vegetación. También será provocado por la extracción del agua del acuífero para las labores cotidianas relacionadas con la ocupación de las viviendas, el suministro de servicios y la limpieza y mantenimiento de la infraestructura. Sin embargo, debido a que el alcance tanto del abastecimiento del agua potable como de la disposición del agua residual corresponden al macroproyecto autorizado Ciudad Mayakoba, estas acciones ya fueron anteriormente evaluadas, y tal y como se demostró en el análisis de impactos presentado en el Capítulo 5 y la información adicional de su MIA-R, la extracción e inyección de agua por parte del macroproyecto de o hacia los pozos autorizados no provocará efectos negativos al acuífero como podría ser la intrusión salina o la contaminación.

5.4.1.9. Selva mediana subperennifolia / vegetación secundaria arbórea (SMS/VSA)

Impacto	Pérdida de cobertura			Signo	Negativo	Factor afectado		SMS/VSA
Valoración de atributos del impacto								
Consecuencia	**Acumulación**	**Sinergia**	**Momento o tiempo**	**Reversibilidad**	**Periodicidad**	**Permanencia**	**Recuperabilidad**	**Frecuencia**
3	3	3	2	3	1	3	3	1
Índice de incidencia			0.72		**Significancia**		Significativo	
Acciones generadoras del impacto por etapa								
Preparación			**Construcción**			**Operación y mantenimiento**		
• Desmonte y despalme								

Pérdida de cobertura. El impacto causado por el Proyecto sobre la selva mediana subperennifolia / vegetación secundaria arbórea lo provocará específicamente el desmonte y despalme durante la etapa de preparación.

Como ya se mencionó con anterioridad, debido a que la modificación del entorno es una de las principales problemáticas ambientales que se registran a nivel SA y regional, es por lo que este impacto fue valorado como significativo y acumulativo. Además, se considera residual debido a que la pérdida de la selva mediana subperennifolia / vegetación secundaria arbórea no podrá evitarse y a que la superficie de este ecosistema designada para su aprovechamiento no volverá a contar con sus características posterior a la construcción de las obras proyectadas.

Sin embargo, el impacto podrá ser mitigado mediante las acciones de rescate de la vegetación, la asignación de áreas de conservación dentro del Proyecto, en las cuales se mantendrá la vegetación natural, así como las labores de reforestación en las áreas de conservación, verdes o ajardinadas en las cuales se podrán reintegrar los ejemplares rescatados.

Cabe señalar que el Proyecto se encuentra inserto en un área caracterizada por el desarrollo turístico y habitacional, el cual ha sido considerado como parte del desarrollo planeado para esta región, de acuerdo a lo señalado en sus instrumentos de desarrollo territorial (Programa Parcial de Desarrollo Urbano El Jesusito, entre otros).

5.4.2. Impactos Acumulativos

En atención a lo que establece la Fracción V del Artículo 13 del Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en Materia de Impacto Ambiental, se deberán identificar, evaluar y describir los impactos acumulativos, entendidos como aquellos que resultan del incremento de los impactos de acciones particulares ocasionado por la interacción con otros que se efectuaron en el pasado o que están ocurriendo en el presente (Art. 3 Fracción VII del mismo reglamento).

El análisis de los impactos ambientales de este tipo se basó en la determinación de las desviaciones de la "línea base o cero" originadas por efectos aditivos, considerando que el Proyecto no es la única fuente de cambio en el SA. Por ello fue importante identificar los cambios ocasionados en el ambiente que se están generando o que ocurrieron como resultado de otras actividades humanas en la región y que pueden tener un efecto aditivo o acumulativo sobre los mismos componentes ambientales con los que el Proyecto interactúa.

Es importante resaltar que el área donde se ubica el Proyecto se encuentra dentro de la Región Hidrológica Prioritaria 105 Corredor Cancún – Tulum y la Región Marina Prioritaria 63 Punta Maroma – Punta Nizuc. La problemática ambiental señalada por la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO) para cada zona, influyó en la clasificación de los impactos del Proyecto identificados como acumulativos y/o sinérgicos. Para ambas regiones la CONABIO establece como principales problemáticas ambientales las siguientes:

- Modificación del entorno:
    - Perturbación por complejos turísticos, obras de ingeniería para corredores turísticos, desforestación, modificación de la vegetación (tala de manglar) y de barreras naturales, relleno de áreas inundables y formación de canales.
    - Por tala de manglar, relleno de áreas inundables (pérdida de permeabilidad de la barra), remoción de pastos marinos, construcción sobre bocas, modificación de barreras naturales. Daño al ambiente por embarcaciones pesqueras, mercantes y turísticas. Existe desforestación (menor retención de agua) e impactos humanos (Cancún y otros desarrollos turísticos). Blanqueamiento de corales.
- Contaminación:
    - Aguas residuales y desechos sólidos.
    - Por descargas urbanas y falta de condiciones de salubridad.
- Uso de recursos:
    - Pesca ilegal en la laguna de Chakmochuk y plantaciones de coco *Cocos nucifera tasiste*.
    - Presión sobre peces (boquinete) y langostas. Pesca ilegal en la laguna Chakmochuk; campamentos irregulares en el área continental del Municipio de Isla Mujeres.
- Especies introducidas de *Cassuarina spp* y *Columbrina spp*.

Con la información anterior y a partir de los resultados de las matrices de significancia, el juicio de expertos y la interpretación geográfica, así como de las proyecciones que se presentan en el Capítulo 8 de este manifiesto se identificaron los siguientes impactos acumulativos y/o sinérgicos (Tabla 5. 11).

Tabla 5. 11. Impactos acumulativos y/o sinérgico. SMS/VSA = selva mediana subperennifolia / vegetación secundaria arbórea. p = positivo, n = negativo.

Factor	Impacto	Signo del efecto
Agua	Alteración de la calidad del agua por generación de residuos sólidos, líquidos y peligrosos	n
Aire	Alteración de la calidad del aire por generación de ruido	n
Suelo	Alteración de la calidad del suelo por generación de residuos sólidos, líquidos y peligrosos	n
	Pérdida de suelo	n
Flora	Modificación de la estructura de la comunidad	n
Fauna	Modificación de la estructura de la comunidad	n
Paisaje	Fragmentación del paisaje	n
	Modificación visual del paisaje	n
Socioeconomía	Generación de empleos directos e indirectos	p
	Oferta de vivienda y comercio	p
Hidrología	Alteración de patrones de escorrentía	n
	Alteración de la hidrología subterránea	n
SMS/VSA	Pérdida de cobertura	n

De acuerdo a lo anterior, se desprende que el Proyecto generará un total de 13 impactos acumulativos y/o residuales (Matriz 5. 2). Del total de impactos acumulativos y/o sinérgicos once corresponden con negativos y dos son considerados como positivos (Tabla 5. 11). La descripción detallada para cada uno de ellos fue presentada en el apartado anterior.

Los dos impactos acumulativos y/o sinérgicos positivos, inciden sobre el factor socioeconómico y corresponden a la generación de empleos directos e indirectos, así como a la oferta de vivienda y comercio. En cuanto a su índice de incidencia la generación de empleo directos e indirectos fue valorado como significativo y, la oferta de vivienda y comercio como no significativo.

En cuanto a los impactos acumulativos y/o sinérgicos negativos, siete fueron considerados como no significativos y corresponden con: la alteración de la calidad del agua por la generación de residuos sólidos, líquidos y peligrosos, la alteración de la calidad del aire por generación de ruido, la pérdida de suelo, la modificación de la estructura de la comunidad de la flora y fauna y, la alteración de patrones de escorrentía e hidrología subterránea.

Los impactos acumulativos y/o sinérgicos negativos valorados como significativos fueron: la alteración de la calidad del suelo por generación de residuos sólidos, líquidos y peligrosos, la fragmentación y modificación visual del paisaje y la perdida de cobertura de la selva mediana subperennifolia / vegetación secundaria arbórea.

Cabe señalar que el Proyecto considera la implementación de medidas de prevención, mitigación o compensación necesarias para la atención de cada uno de estos impactos (ver Capítulo 7).

5.4.3. Impactos Residuales

Tal y como lo establece la Fracción V del Artículo 13 del Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente se deberán identificar, evaluar y describir los impactos residuales, entendidos como aquellos que persisten después de la implementación de medidas de mitigación (Artículo 3, Fracción X del mismo reglamento).

Dichos impactos representan el efecto inevitable y permanente del Proyecto sobre el ambiente y a partir de ellos se determina el "costo ambiental" del Proyecto, es decir la disminución real y permanente en calidad y/o cantidad de los bienes y servicios ambientales en el SA.

La identificación de estos impactos se llevó a cabo en función al atributo de la recuperabilidad, el cual se entiende como la capacidad de los ecosistemas de recobrar su funcionalidad ambiental. Los impactos con calificación de 3 implican efectos en el ambiente que no le permitirán regresar a su estado original, aún con la aplicación de medidas de mitigación, por lo que se les consideró residuales. Los impactos con valores menores a 3 se consideraron recuperables siempre que se implementen las medidas de compensación y/o mitigación que se presentan en el Capítulo 7.

Derivado de lo anterior se puede establecer que el Proyecto generará cinco impactos residuales (Matriz 5. 2), todos ellos valorados como negativos (Tabla 5. 12).

Tabla 5. 12. Impactos residuales. SMS/VSA = selva mediana subperennifolia / vegetación secundaria arbórea. n = negativo.

Factor	Impacto	Signo del efecto
Suelo	Modificación de las características del suelo derivadas de la compactación	n
	Pérdida de suelo	n
Paisaje	Fragmentación del paisaje	n
	Modificación visual del paisaje	n
SMS/VSA	Pérdida de cobertura	n

A continuación, se realiza una breve descripción para cada uno de ellos, su descripción detallada se presentó en el apartado anterior.

- **Modificación de las características del suelo derivadas de la compactación.** Este se consideró un impacto residual debido a que la compactación será necesaria en las áreas de desplante. Asimismo, este impacto se podrá presentar por el tránsito de maquinaría, vehículos y peatones. Se considera que este impacto es muy difícil de revertir ya que requiere de medidas costosas, así como de mucho tiempo para su recuperación.

- **Pérdida de suelo.** Éste se consideró un impacto residual debido a que la construcción de infraestructura requerirá de la remoción de este recurso, y de la cubierta de la superficie con materiales inertes como el concreto que generarán condiciones microambientales que no permiten el desarrollo de suelo nuevo. Por lo tanto, la superficie de aprovechamiento del Proyecto será también una superficie donde no solo se habrá retirado el suelo original, sino que se impedirá la formación de nuevo suelo.

- **Fragmentación y modificación visual del paisaje.** Estos se consideraron como impactos residuales debido a que la modificación del medio, para dar paso a la construcción de las edificaciones del Proyecto, implican una interrupción en la continuidad en la vegetación y en la condición visual del entorno natural. Aun cuando el

Proyecto contemple actividades de reforestación con especies nativas y características de la vegetación natural, para el sitio, no será posible eliminar este impacto.

- **Pérdida de cobertura.** Éste se consideró un impacto residual ya que, aun cuando se implementará un Subprograma de Conservación de Especies, que considera el rescate y reubicación de la vegetación previo a las actividades de desmonte y despalme, no se recuperará la estructura, composición ni funciones ecológicas de la superficie de selva mediana subperennifolia / vegetación secundaria arbórea que será aprovechada para la construcción de la infraestructura proyectada.

5.5. Conclusión

A través de técnicas convencionales de identificación de impactos ambientales y el juicio de expertos, a lo largo del presente capítulo fue posible identificar, evaluar y describir los impactos ambientales potenciales que pudieran generarse por el desarrollo del Proyecto en caso de resultar autorizado. De este modo se concluye que el Proyecto cumple con lo establecido en el artículo 35 de la LGEEPA, en términos de que los posibles efectos de las actividades del Proyecto, no pondrán en riesgo la estructura y función de los ecosistemas descritos en el Proyecto y el SA. De igual forma, se concluye que:

- Se identificaron 15 impactos en total que podrían afectar alguno(s) de los factores del medio natural o socioeconómico del SA.

- Del total de impactos identificados, 2 fueron positivos y 13 fueron negativos.

- Del total de impactos positivos, el 50.00% fueron significativos y el 50.00% fueron no significativos.

- Del total de impactos negativos, el 30.73% fueron significativos y el 69.23% fueron no significativos.

- La etapa del Proyecto que generará mayor número de impactos negativos será la de construcción. Las tres etapas generarán el mismo número de impacto positivos.

- Las actividades que generarán el mayor número de impactos negativos serán el desmonte y despalme, la construcción de vialidades y edificaciones y el relleno, nivelación y excavación.

- La actividad que generará el mayor número de impactos positivos será la ocupación de vivienda y actividades comerciales.

- Los factores de medio que recibirán el mayor número de impactos negativos serán el aire y el suelo.

- El desarrollo del Proyecto generará dos impactos acumulativos positivos que son: la generación de empleos directos e indirectos y la oferta de vivienda y comercio.

- El desarrollo del Proyecto generará once impactos acumulativos negativos que son: La alteración de la calidad del agua y suelo por generación de residuos sólidos, líquidos y peligrosos, la alteración de la calidad del aire por generación de ruido, la pérdida de

suelo, la modificación de la estructura de la comunidad de la flora y fauna, la fragmentación y modificación visual del paisaje, la alteración de los patrones de escorrentía e hidrología subterránea y la pérdida de cobertura selva mediana subperennifolia / vegetación secundaria arbórea.

- El desarrollo del Proyecto generará cinco impactos residuales negativos que son: la modificación de las características del suelo derivadas de la compactación, la pérdida del suelo, la fragmentación y modificación visual del paisaje y, la pérdida de cobertura selva mediana subperennifolia / vegetación secundaria arbórea.

- El proyecto propone diversas medidas que prevendrán, compensarán y mitigarán los impactos ambientales identificados para evitar causar desequilibrios ecológicos.

- El Proyecto, en cuanto a sus impactos, incide mayormente a nivel de elementos con un índice de incidencia y rango de significancia predominantemente no significativo. Esto se traduce en que el Proyecto no pone en riesgo la estructura y función de los ecosistemas y generará alteraciones de muy bajo impacto a elementos o procesos del Proyecto y del SA, por lo que no comprometerá su integridad ecológica.

En resumen, el Proyecto no generará impactos ambientales que produzcan desequilibrios ecológicos que afecten: a) la existencia y desarrollo del hombre y demás seres vivos, b) la integridad y continuidad de los ecosistemas presentes en el predio y el SA y c) los bienes y servicios ambientales que los ecosistemas prestan en el predio y el SA; y que por lo tanto es procedente.

En el Capítulo 7 de este DTU-BP, se presentan las medidas necesarias para prevenir, mitigar o compensar, según sea el caso, los impactos ambientales esperados en cada una de las etapas de implementación del Proyecto. Estas medidas se integran de manera precisa y coherente en el marco de un Sistema de Manejo y Gestión Ambiental específico para el Proyecto, cuya ejecución disminuye el impacto ambiental del mismo y evita causar desequilibrios ecológicos que afecten la continuidad de los procesos naturales del SA evaluado.

ROTONDA

CAPÍTULO 6. JUSTIFICACIÓN TÉCNICA, ECONÓMICA Y SOCIAL QUE MOTIVE LA AUTORIZACIÓN EXCEPCIONAL DEL CAMBIO DE USO DE SUELO

DOCUMENTO TÉCNICO UNIFICADO MODALIDAD B PARTICULAR

Contenido

CAPÍTULO 6. JUSTIFICACIÓN TÉCNICA, ECONÓMICA Y SOCIAL QUE MOTIVE LA AUTORIZACIÓN EXCEPCIONAL DEL CAMBIO DE USO DE SUELO 2

6.1. INTRODUCCIÓN 2

6.2. JUSTIFICACIÓN TÉCNICO-AMBIENTAL 3

6.2.1. NO SE COMPROMETE LA BIODIVERSIDAD 3

6.2.1.1. Vegetación *3*

6.2.1.2. Fauna *16*

6.2.1.3. Conclusión *23*

6.2.2. NO SE PROVOCARÁ LA EROSIÓN DEL SUELO 24

6.2.2.1. Cálculo de los Escenarios de Pérdida de Suelo *33*

6.2.2.2. Conclusión *38*

6.2.3. NO SE PROVOCARÁ EL DETERIORO DE LA CALIDAD DEL AGUA O LA DISMINUCIÓN EN SU CAPTACIÓN 40

6.2.3.1. Conclusiones *49*

6.2.4. LA DISMINUCIÓN EN LA CAPACIDAD DE ALMACENAMIENTO DE CARBONO EN LAS ÁREAS AFECTADAS POR LA REMOCIÓN DE LA VEGETACIÓN SE MITIGA 53

6.2.5. LA CAPACIDAD DE CAPTACIÓN DE AGUA Y LA CALIDAD DE LA MISMA 58

6.3. JUSTIFICACIÓN ECONÓMICA 63

6.3.1. QUE EL USO ALTERNATIVO DEL SUELO QUE SE PROPONGA SEA MÁS PRODUCTIVO 63

6.4. JUSTIFICACIÓN SOCIAL 67

CAPÍTULO 6. JUSTIFICACIÓN TÉCNICA, ECONÓMICA Y SOCIAL QUE MOTIVE LA AUTORIZACIÓN EXCEPCIONAL DEL CAMBIO DE USO DE SUELO

6.1. Introducción

La Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable (LGDFS) establece que el cambio de uso del suelo en terrenos forestales sólo puede autorizarse por excepción considerando el supuesto que a la letra dice:

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.

[…]

La Promovente del proyecto "Rotonda", a manera de justificación, para la obtención de la autorización del presente estudio, a continuación, expone de manera breve y concreta los elementos más sobresalientes que fundamentan técnicamente que la ejecución del Proyecto da cumplimiento a las disposiciones citadas en el Artículo 93 de la LGDFS.

6.2. Justificación Técnico-Ambiental

6.2.1. No se compromete la biodiversidad

6.2.1.1. Vegetación

Para la elaboración del estudio se determinó la Cuenca Hidrológica Forestal para esta solicitud de cambio de uso del suelo forestal dentro del municipio de Solidaridad, estado de Quintana Roo. Como se informa la superficie solicitada para dicho cambio de uso de suelo es de 7.98 ha.

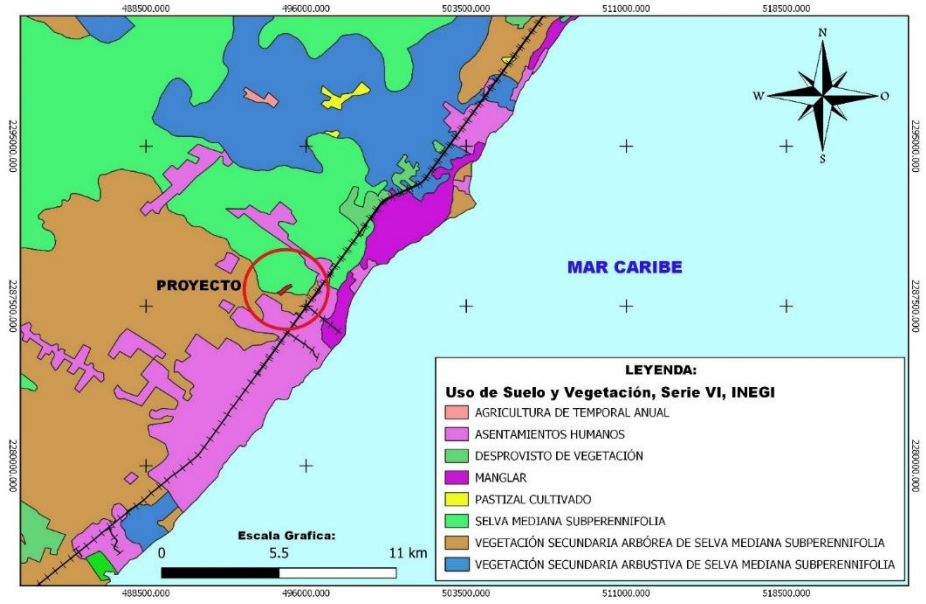
La vegetación de la cuenca 32A (Quintana Roo), (subcuenca “d”) y en específico la zona norte del estado de Quintana Roo, donde se ubica el Proyecto, de acuerdo con la cartografía de uso de suelo y vegetación serie VI (2017), presenta un mosaico de comunidades vegetales que responden a un conjunto de condiciones edáficas, geomorfológicas, microclimáticas y antropogénicas.

A lo largo de la subcuenca se pueden observar ecosistemas costeros como humedales y en la medida que cambia la elevación se puede observar la selva y vegetación secundaria en general producto de las diferentes actividades realizadas por las poblaciones cercanas.

De este a oeste, el patrón general de distribución de los ecosistemas en la cuenca, es el siguiente:

- Duna costera
- Manglar
- Tular
- Cuerpos de agua
- Selva baja subcadufolia
- Selva mediana subperennifolia

Figura 6.1. Tipos de vegetación de la cuenca donde se ubica el Proyecto.



De acuerdo a la cartografía de uso del suelo y vegetación de la INEGI serie VI, y las observaciones realizadas, la vegetación que cubre prácticamente todo la cuenca y en específico la subcuenca “d” donde se ubica el Proyecto y que será afectada corresponde a una sucesión secundaria arbórea derivada de la selva mediana subperennifolia (es decir selva mediana subperennifolia / vegetación secundaria arbórea) y que fue seriamente modificada por diferentes actividades entre ellas la agropecuaria a través de los años. Mismas que fueron abandonadas hace muchos años, por lo que desde entonces ha prosperado una asociación selvática. No obstante, esta misma ha sido objeto de modificaciones de carácter natural debido a los efectos de los distintos fenómenos atmosféricos de tipo extraordinario que se han manifestado en la región. De esta manera, se considera que este ecosistema en si corresponde a una fase o etapa de sucesión avanzada de recuperación de una vegetación de características más alta y con elementos de tipo corpulento que por ahora se encuentran ausentes.

De acuerdo con los estudios realizados dentro de las áreas que se proponen para la ejecución del cambio de uso de suelo, así como de la información obtenida en los muestreos y análisis de biodiversidad realizados a nivel de cuenta (unidad de análisis) y en el mismo tipo de vegetación que se verá afectado con la ejecución del Proyecto por el cambio de uso de suelo (selva mediana subperennifolia / vegetación secundaria arbórea), así como a la información presentada en el presente DTU-BP, para el aspecto de índices de diversidad, similitud y valor de importancia a nivel especie, se realiza el siguiente análisis comparativo.

6.2.1.1.1. Diversidad

Se considera que una comunidad es más compleja mientras mayor sea el número de especies que la compongan (más vías de flujo de energía en la cadena trófica) y mientras menos dominancia presenten una o pocas especies con respecto a las demás (Franco, 1998).

El índice de diversidad es un parámetro estadístico derivado de la riqueza de especies y abundancia de los individuos presentes en el ecosistema (Gaines, et al, 1999)[1].

Índice de Shannon (H’)

Este índice se basa en el supuesto de que los individuos provienen de un muestreo aleatorio efectuado en una población infinitamente grande, además de que todas las especies presentes se encuentran representadas en la muestra (Pielou, 1975)[2]. El valor del índice de diversidad de Shannon según Margalef oscila entre el 1 y 4.5 y solo de manera extraordinaria llega a un valor de 4.5.

La expresión para calcular el índice de Shannon es la siguiente:

$$H' = -\sum_{i-1}^{s} Pi * \log 2 * Pi$$

[1] Gaines, L., Harrod, J., Eehmkuhl, F. 1999. Monitoring biodiversity: quantification and interpretation. Gen. Tech. Rep. PNW-GTR-443. Portland, OR: USDA, FS, Pacific Northwest Research Station.
[2] Pielou, C. 1975. Ecological diversity. John Wiley, New York.

Dónde:

H´= índice de diversidad
s= número de especies presentes
Pi= proporción de especies
log2 = la fórmula utiliza el logaritmo base 2
ni= número de individuos de la especie i
N= Número total de individuos

Índice de Pielou

Mide la proporción de la diversidad observada con relación a la máxima diversidad esperada. Su valor va de 0 a 1, de forma que 1 corresponde a situaciones donde todas las especies son igualmente abundantes (Magurran, 1988)[3].

La expresión utilizada para calcular el Índice de Pielou es la siguiente:

$$J' = \frac{H'}{H'_{max}} \qquad H'_{max} = lnS$$

Dónde:

H'= índice de diversidad de Shannon
S= número de especies presente en la comunidad

- **Análisis**

Tabla 6. 1. Comparativos de índice de diversidad entre la unidad de análisis (cuenca) y el área de cambio de uso de suelo en selva mediana subperennifolia / vegetación secundaria arbórea.

Unidad de análisis (cuenca)				
Tipo de vegetación	**No. de especies**	**Índice de Shannon**	**Diversidad máxima H max**	**Equidad de Pielou**
Arbórea	52	4.72	5.70	0.829
Arbustivas	11	3.03	3.45	0.878
Herbáceas	9	2.98	3.17	0.941
Área de cambio de uso de suelo				
Tipo de vegetación	**No. de especies**	**Índice de Shannon**	**Diversidad máxima H max**	**Equidad de Pielou**
Arbórea	36	4.38	5.17	0.849
Arbustivas	6	2.34	2.58	0.906
Herbáceas	8	2.43	3.00	0.811

Nota: Pueden presentarse diferencias en decimales por el uso de diferentes programas computacionales.

De los análisis realizados a la vegetación de selva mediana subperennifolia / vegetación secundaria arbórea para la unidad de análisis de la cuenca hidrológica forestal y SA (UAC) y al área de cambio de uso de suelo del Proyecto (ACUSTF), se puede apreciar que existen diferencias en cuanto a la riqueza específica que presenta cada una, para los estratos arbóreo y arbustivo, siendo similares únicamente para el estrato herbáceo.

[3] Magurran, A. 1988. Ecological diversity and its measurement. Princeton University Press. New Jersey.

Respecto al índice de Shannon, que mide la diversidad del ecosistema (H'), se puede observar que ésta es mayor para los tres estratos del UAC (arbóreo, arbustivo y herbáceo), al presentar valores de 4.72, 3.03 y 2.98, contra 4.38, 2.34 y 2.43 que registra el ACUSTF; por otra parte de acuerdo a los resultados obtenidos, valores bajos de biodiversidad pueden ser observados en el estrato arbustivo y herbáceo del ACUSTF, al encontrarse valores de entre 2.34 y 2.43; valores normales de biodiversidad pueden ser observados para el estrato herbáceo de la UAC, al encontrarse el valor en 2.98, mientras que el estrato arbóreo para ambas áreas de análisis y el estrato arbustivo para la UAC, muestran valores altos de diversidad al encontrarse entre 3.03 y 4.72.

De igual manera, la diversidad máxima (H max) que se alcanza cuando todas las especies están igualmente presentes en el ecosistema, como se aprecia en la Tabla 6. 1, en los estratos arbóreo y herbáceo tanto de la UAC como del ACUSTF la diversidad máxima es muy similar, no así para el estrato arbustivo, donde en la UAC la diversidad máxima es mayor que en el ACUSTF.

Referente al índice de Pielou que mide la proporción de la diversidad observada en relación a la máxima diversidad esperada, el cual tiene valores de 0 a 1, y en donde 1 corresponde a situaciones donde todas las especies son igualmente abundantes; se puede observar en los resultados que en el área de ACUSTF para los estratos arbóreo y arbustivo las especies son mayormente abundantes que en los mismos estratos de la UAC, caso contrario para el estrato herbáceo de la UAC que presenta mayor abundancia de especies que dicho estrato del área de ACUSTF.

6.2.1.1.2. Similitud

El grado de recambio de especies (diversidad beta), ha sido evaluado principalmente teniendo en cuenta proporciones o diferencias. Las proporciones pueden evaluarse con ayuda de índices, así como de coeficientes que nos indican qué tan similares/disímiles son dos comunidades o muestras.

Los métodos para cuantificar la diversidad beta se pueden dividir en dos clases: de similitud-disimilitud y los de recambio/reemplazo de especies. El análisis de similitud mediante el Índice de Sorensen relaciona el número de especies compartidas con la media aritmética de las especies en ambos sitios (Villareal, et al., 2006)[4].

La expresión para calcular el índice de Sorensen es la siguiente:

$$QS = \frac{2C}{A + B}$$

Donde:

A: Número de especies en el sitio A
B: Número de especies en el sitio B
C: Número de especies compartidas por las dos muestras

[4] Villareal H., M. Álvarez, S. Córdoba, F. Escobar, G. Fagua, F. Gast, H. Mendoza, M. Ospina y A.M. Umaña. Segunda edición. 2006. Manual de médodos para el desarrollo de inventarios de biodiversidad. Programa de Inventarios de Biodiversidad. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Bogotá, Colombia.

- **Análisis**

El análisis de similitud de Sorensen nos indica que las comunidades vegetales de la UAC y del ACUSTF donde se pretende desarrollar el proyecto “Rotonda”, presentan una similitud del 72.13%, lo que indica que entre ambas áreas de análisis se cuenta con una mediana a alta similitud, compartiéndose un total de 44 especies que representa el 55% del total de las especies registradas para ambos sitios (80 especies). En la siguiente Tabla 6.2 se presenta las especies registradas en el ACUSTF que no fueron registradas en la UAC.

Tabla 6.2. Especies existentes en el ACUSTF que no fueron registradas en la UAC.

Estrato	Nombre común	Nombre científico
Arbóreas	Sac-chaca	*Dendropanax arboreus*
	Higo	*Ficus obtucifolia*
	Higuillo	*Ficus padifolia*
	Guayacte	*Malpighia lundelli*
Arbustivas	Flor de mayo	*Plumeria rubra*
Herbáceas	Cicotria	*Psychotria nervosa*
	Scleria	*Scleria lithrosperma*
	Serjania	*Serjania yucatanensis*

Con la finalidad de prevenir y mitigar los impactos sobre estas especies de la flora que solo se registraron en el ACUSTF, y evitar poner en riesgo su persistencia en el ecosistema, como medidas de mitigación específicas y tomando en cuenta la fenología de dichas especies se propone:

- Para el caso de las especies del estrato arbóreo, arbustivo y herbáceo, se realizará la recolección de semilla y se dispersará en áreas adyacente a su zona de distribución en la UAC y en las áreas del Proyecto que no se sometan al cambio de uso del suelo, además de realizar el rescate y reubicación de las especies arbóreas y arbustivas susceptibles de ser rescatadas (especialmente las enlistadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010), para permitir su restablecimiento en los sitios de reubicación, como se propone en el Subprograma de Conservación de Especies (ver Capítulo 7), con lo que se mantendrá la composición y estructura de las especies que registra el Proyecto.

- Por otra parte, el Subprograma de Conservación de Especies también propone el rescate y reubicación, en las áreas del Proyecto que se someten a cambio de uso de suelo, de las especies que por sus atributos poseen alto valor paisajístico; en el Capítulo 7 puede ser consultada la lista que integra estas especies.

Asimismo, es preciso señalar que la distribución de las especies que únicamente se registran en el ACUSTF, presentan una amplia distribución, misma que abarca varios estados de la República Mexicana, esto de acuerdo con la literatura consultada, por lo que no se pondrá en riesgo ni se comprometerá la diversidad local o del UAC donde se localiza el Proyecto (Tabla 6. 3).

Tabla 6. 3. Distribución de las especies existentes en el ACUSTF que no fueron registradas en la UAC. Fuente: Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, Sistema Nacional de Información sobre Biodiversidad.

Estrato	Nombre común	Nombre científico	Distribución	Enlace
Arbóreas	Sac-chaca	*Dendropanax arboreus*	Campeche, Coahuila, Colima, Chiapas, Chihuahua, Cd. de México, Durango, Guanajuato, Guerrero, Hidalgo, Jalisco, Michoacán, Nayarit, Oaxaca, Puebla, Querétaro, Quintana Roo, San Luis Potosí, Sinaloa, Tabasco, Tamaulipas, Veracruz, Yucatán	https://enciclovida.mx/especies/162887-dendropanax-arboreus
	Higo	*Ficus obtucifolia*	Campeche, Colima, Chiapas, Guerrero, Hidalgo, Jalisco, Michoacán, Morelos, Nayarit, Oaxaca, Puebla, Querétaro, Quintana Roo, San Luis Potosí, Sinaloa, Tabasco, Tamaulipas, Veracruz, Yucatán	https://enciclovida.mx/especies/165715-ficus-obtusifolia
	Higuillo	*Ficus padifolia*	Campeche, Colima, Chiapas, Chihuahua, Durango, Guanajuato, Guerrero, Hidalgo, Jalisco, Michoacán, Morelos, Nayarit, Oaxaca, Puebla, Querétaro, Quintana Roo, San Luis Potosí, Sinaloa, Sonora, Tabasco, Tamaulipas, Veracruz, Yucatán, Zacatecas	https://enciclovida.mx/especies/193454-ficus-padifolia
	Guayache	*Malpighia lundelli*	Campeche, Quintana Roo, Tabasco, Tamaulipas, Veracruz, Yucatán	https://enciclovida.mx/especies/193772-malpighia-lundellii
Arbustivas	Flor de mayo	*Plumeria rubra*	Aguascalientes, Baja California, Baja California Sur, Campeche, Coahuila, Colima, Chiapas, Chihuahua, Cd. de México, Durango, Guanajuato, Guerrero, Hidalgo, Jalisco, Michoacán, Morelos, Nayarit, Nuevo León, Oaxaca, Puebla, Querétaro, Quintana Roo, San Luis Potosí, Sinaloa, Sonora, Tabasco, Tamaulipas, Veracruz, Yucatán, Zacatecas	https://enciclovida.mx/especies/162662-plumeria-rubra
Herbáceas	Cicotria	*Psychotria nervosa*	Campeche, Chiapas, Guanajuato, Oaxaca, Querétaro, Quintana Roo, San Luis Potosí, Tabasco, Veracruz, Yucatán	https://enciclovida.mx/especies/167223-psychotria-nervosa
	Scleria	*Scleria lithrosperma*	Campeche, Colima, Chiapas, Guerrero, Michoacán, Oaxaca, Querétaro, Quintana Roo, San Luis Potosí, Tabasco, Veracruz, Yucatán	https://enciclovida.mx/especies/189716-scleria-lithosperma
	Serjania	*Serjania yucatanensis*	Campeche, Chiapas, Quintana Roo, Yucatán	https://enciclovida.mx/especies/167438-serjania-yucatanensis

6.2.1.1.3. Índice de Valor de Importancia

El Índice de Valor de Importancia (IVI), es un parámetro que mide el valor de las especies con base a tres parámetros principales: cobertura, densidad y frecuencia. Este índice es la suma de estos tres parámetros. Este valor revela la importancia ecológica relativa de cada especie en una comunidad vegetal (Castro, 2013)[5].

La expresión utilizada para calcular el índice de Valor de Importancia es la siguiente:

$$IVI = (cobertura\ relativa + densidad\ relativa + frecuencia\ relativa)$$

Donde:

IVI = Índice de Valor de Importancia
Densidad relativa = número de individuos por especie / total de individuos de la especie * 100
Frecuencia relativa = número de veces que se encontró una especie en el muestreo / total de veces que se encontraron las especies en el muestreo * 100
Cobertura relativa = área de cada especie / área total de especies * 100

- **Análisis**

De acuerdo con la selva mediana subperennifolia / vegetación secundaria arbórea que se localiza en el ACUSTF y en la UAC, así como en sus diferentes estratos, la información que se obtuvo de los análisis realizados para diversidad e Índices de Valor de Importancia (IVI) por especie se presenta en la siguiente Tabla 6. 4, Tabla 6. 5 y Tabla 6. 6 y, Figura 6. 2, Figura 6. 3 y Figura 6. 4.

Tabla 6. 4. Cuadro comparativo del IVI entre la UAC y la ACUSTF en el estrato arbóreo de la selva mediana subperennifolia / vegetación secundaria arbórea.

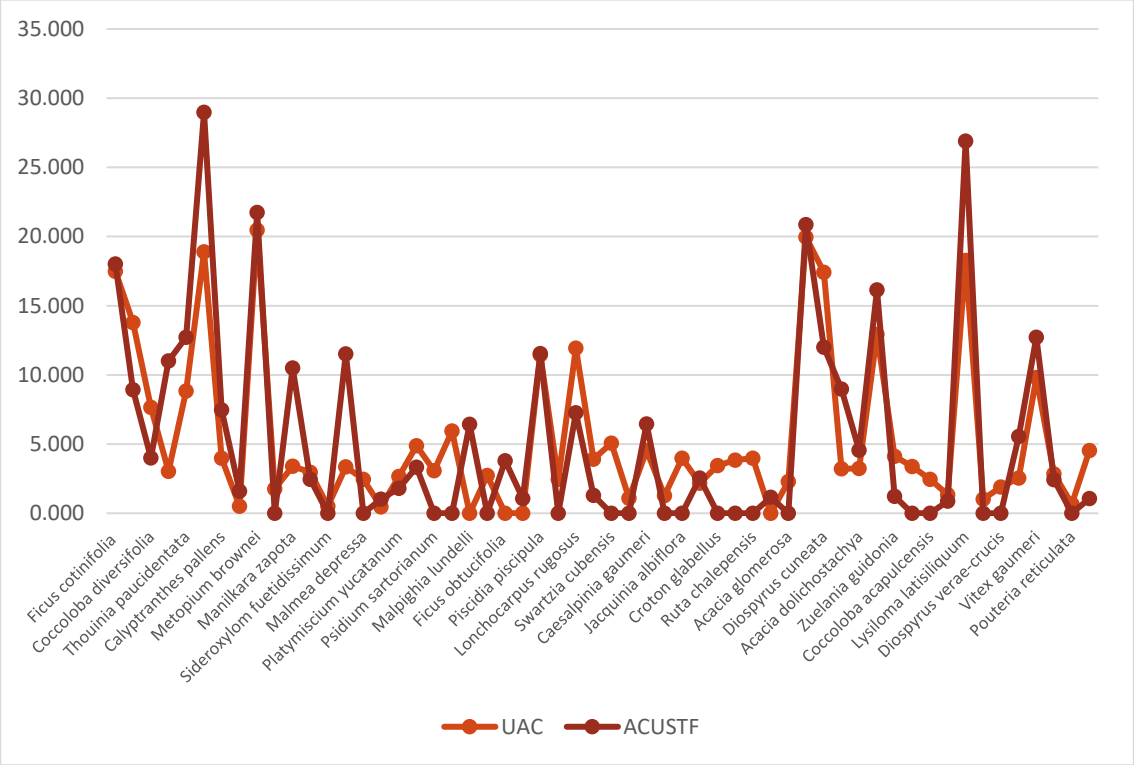
Número	Estrato arbóreo			
	Nombre común	Nombre científico	IVI	
			UAC	ACUSTF
1	Alamo	*Ficus cotinifolia*	17.489	18.012
2	Boichic	*Coccoloba spicata*	13.789	8.934
3	Bolchiche	*Coccoloba diversifolia*	7.669	3.999
4	Bojom	*Cordia gerascantus*	3.040	11.022
5	Canchunup	*Thouinia paucidentata*	8.845	12.733
6	Chaca	*Bursera simaruba*	**18.891**	**28.978**
7	Chacni	*Calyptranthes pallens*	3.989	7.471
8	Chacte viga	*Caesalpinia violacea*	0.506	1.590
9	Chechen negro	*Metopium brownei*	**20.459**	**21.750**
10	Chechen blanco	*Sebastiana adenphora*	1.752	0.000
11	Chicozapote	*Manilkara zapota*	3.405	10.496
12	Ciricote	*Cordia dodecandra*	2.971	2.454
13	Caracolillo	*Sideroxylom fuetidissimum*	0.506	0.000
14	Cocoite blanco	*Gliricidia sepium*	3.347	11.526
15	Elemuy	*Malmea depressa*	2.457	0.000

[5] Castro, M. (2013). Registro de la Riqueza Herbácea y Arbustiva en el Bosque de *Abies religiosa* de la Zona de Amortiguamiento del Parque Nacional Izta-Popo y el Parque Nacional Zoquiapan. Facultad de Estudios Superiores Zaragoza. Laboratorio de Contaminación Atmosférica. Universidad Nacional Autónoma de México.

Número	Estrato arbóreo			
	Nombre común	Nombre científico	IVI	
			UAC	ACUSTF
16	Ekulub	*Drypetes lateriflora*	0.473	1.010
17	Granadillo	*Platymiscium yucatanum*	2.671	1.797
18	Guaya	*Melicoccus oliviformis*	4.891	3.325
19	Guayabillo	*Psidium sartorianum*	3.073	0.000
20	Guayancox	*Exothea diphylla*	5.938	0.000
21	Guayacte	*Malpighia lundelli*	0.000	6.440
22	Higo	*Ficus maxima*	2.722	0.000
23	Higo	*Ficus obtucifolia*	0.000	3.797
24	Higuillo	*Ficus padifolia*	0.000	1.056
25	Jabin	*Piscidia piscipula*	11.462	11.554
26	Jobillo	*Astronium graveolens*	2.462	0.000
27	Kanazin	*Lonchocarpus rugosus*	11.937	7.258
28	Kaniste	*Pouteria campechiana*	3.902	1.294
29	Katalox	*Swartzia cubensis*	5.063	0.000
30	Katzin	*Acacia riparia*	1.092	0.000
31	Kitanche	*Caesalpinia gaumeri*	4.543	6.458
32	Maculis amarillo	*Tabebuia chrysantha*	1.272	0.000
33	Naranja che	*Jacquinia albiflora*	3.989	0.000
34	Palo sol	*Blomia cupanioides*	2.186	2.555
35	Perescutz	*Croton glabellus*	3.445	0.000
36	Roble	*Ehretia tinifolia*	3.852	0.000
37	Ruda	*Ruta chalepensis*	3.989	0.000
38	Sac-chaca	*Dendropanax arboreus*	0.000	1.165
39	Sak pich	*Acacia glomerosa*	2.289	0.000
40	Shuul blanco	*Lonchocarpus xuul*	**19.970**	20.864
41	Silil	*Diospyrus cuneata*	17.423	12.013
42	Sipche	*Bunchosia swartziana*	3.213	8.968
43	Subinche	*Acacia dolichostachya*	3.231	4.555
44	Tadzi	*Neea psychotrioides*	12.921	16.145
45	Tamay	*Zuelania guidonia*	4.112	1.227
46	Tastab	*Guettarda combsii*	3.383	0.000
47	Tojyub	*Coccoloba acapulcensis*	2.449	0.000
48	Tres marias	*Forchammeria trifoliata*	1.350	0.871
49	Tzalam	*Lysiloma latisiliquum*	18.269	**26.907**
50	Takinche	*Caesalpinia yucatanensis*	1.026	0.000
51	Uchuche	*Diospyrus verae-crucis*	1.891	0.000
52	Uvasche	*Ottoschulzia pallida*	2.536	5.559
53	Ya'axnik	*Vitex gaumeri*	9.797	12.719
54	Yaiti	*Gymnanthes lucida*	2.848	2.441
55	Zapotillo	*Pouteria reticulata*	0.677	0.000
56	Zapote faisan	*Dipholis salicifolia*	4.541	1.056
Total			**300.000**	**300.000**

Nota: Pueden presentarse diferencias en decimales por el uso de diferentes programas computacionales.

Figura 6. 2. Comparativa del comportamiento del IVI en el estrato arbóreo, UAC vs ACUSTF.



Como se aprecia en el comparativo del estrato arbóreo, con relación a los valores del IVI, que nos indica la importancia ecológica de cada especie y mide el valor de las especies, para este estrato las especies que tienen mayor importancia en la UAC y el CUSTF son *Bursera simaruba, Lysiloma latisiliquum, Metopium brownei* y *Lonchocarpus xuul,* al presentar los valores más altos del IVI.

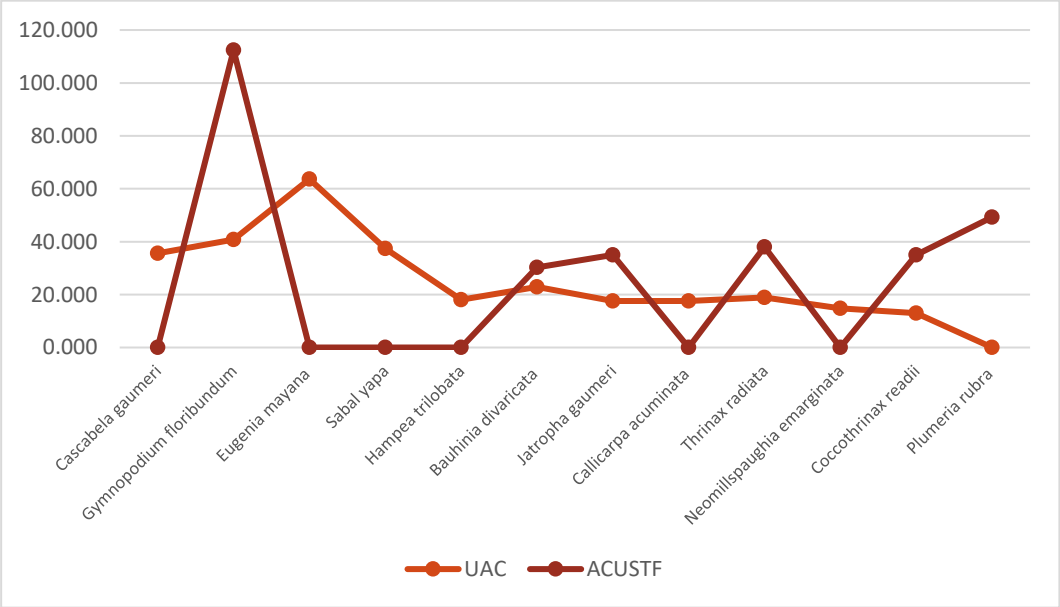
Por otra parte, se puede observar que la mayoría de las especies registradas en el ACUSTF, se encuentran representadas en la UAC; respecto a las especies *Dendropanax arboreus, Ficus obtucifolia, Ficus padifolia y Malpighia lundelli,* como ya fue mencionado en el punto 6.2.1.1.2. Similitud, se tomarán las medidas de mitigación pertinentes dentro del presente estudio, como lo es el Subprograma de Conservación de Especies, con lo cual se garantiza que estas especies que serán afectadas con el cambio de uso de suelo no se pongan en riesgo, ni se comprometa su permanencia; entre las acciones que contempla el subprograma, además del rescate y reubicación de la vegetación, se encuentra la recolección y esparcimiento de semillas, en áreas del Proyecto que no se sometan al cambio de uso del suelo y en áreas de la UAC adyacentes a su zona de distribución; además es de considerar que estas especies tienen una amplia distribución, de acuerdo a literatura consultada, detalle que puede ser verificado en la Tabla 6. 3.

Tabla 6. 5. Cuadro comparativo del IVI entre la UAC y la ACUSTF en el estrato arbustivo de la selva mediana subperennifolia / vegetación secundaria arbórea.

Número	Estrato arbustivo			
	Nombre común	Nombre científico	IVI	
			UAC	ACUSTF
1	Akitz	*Cascabela gaumeri*	35.586	0.000
2	Dzidzilche	*Gymnopodium floribundum*	**40.792**	**112.385**
3	Eugenia	*Eugenia mayana*	**63.650**	0.000
4	Guano blanco	*Sabal yapa*	**37.471**	0.000
5	Majagua blanca	*Hampea trilobata*	18.040	0.000
6	Pata de vaca	*Bauhinia divaricata*	22.879	30.318
7	Pomolche	*Jatropha gaumeri*	17.521	35.043
8	Xpukin	*Callicarpa acuminata*	17.529	0.000
9	Chit	*Thrinax radiata*	18.847	**37.995**
10	Sakitsa	*Neomillspaughia emarginata*	14.740	0.000
11	Nakas	*Coccothrinax readii*	12.945	35.043
12	Flor de mayo	*Plumeria rubra*	0.000	**49.216**
Total			**300.000**	**300.000**

Nota: Pueden presentarse diferencias en decimales por el uso de diferentes programas computacionales.

Figura 6. 3. Comparativa del comportamiento del IVI en el estrato arbustivo, UAC vs ACUSTF.



Como se aprecia en el comparativo del estrato arbustivo con relación a los valores del IVI, que nos indica la importancia ecológica de cada especie y mide el valor de las especies, para este estrato las especies que tienen mayor importancia en la UAC y el ACUSTF son *Gymnopodium floribundum, Thrinax radiata, Plumeria rubra, Eugenia mayana, y Sabal yapa,* al presentar los valores más altos del IVI.

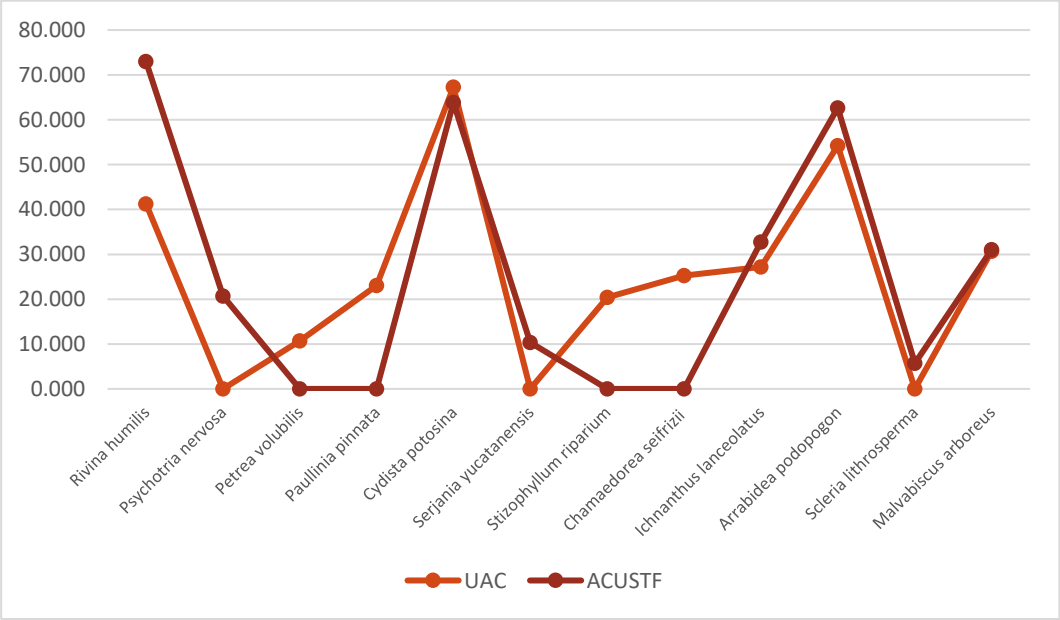
Por otra parte, se puede observar que la mayoría de las especies registradas en el ACUSTF, se encuentran representadas en la UAC; respecto a la especie *Plumeria rubra*, como ya fue mencionado en el punto 6.2.1.1.2. Similitud, se tomarán las medidas de mitigación pertinentes dentro del presente estudio, como lo es el Subprograma de Conservación de Especies, con lo cual se garantiza que esta especie que será afectadas con el cambio de uso de suelo no se ponga en riesgo, ni se comprometa su permanencia; entre las acciones que contempla el subprograma, además del rescate y reubicación de vegetación, se encuentra la recolección y esparcimiento de semillas, en áreas del Proyecto que no se sometan al cambio de uso del suelo y en áreas de la UAC adyacentes a su zona de distribución; también es de considerar que esta especie tienen una amplia distribución, de acuerdo a literatura consultada, detalle que puede ser verificado en la Tabla 6. 3.

Tabla 6. 6. Cuadro comparativo del IVI entre la UAC y la ACUSTF en el estrato herbáceo de la selva mediana subperennifolia / vegetación secundaria arbórea.

Número	Estrato herbáceo			
	Nombre común		IVI	
		Nombre científico	UAC	ACUSTF
1	Chilar	*Rivina humilis*	41.246	**72.966**
2	Cicotria	*Psychotria nervosa*	0.000	20.702
3	Bejuco de caballo	*Petrea volubilis*	10.677	0.000
4	Paulinia	*Paullinia pinnata*	23.037	0.000
5	Sac ak	*Cydista potosina*	67.269	**63.875**
6	Serjania	*Serjania yucatanensis*	0.000	10.351
7	Styzophylum	*Stizophyllum riparium*	20.415	0.000
8	Xiat	*Chamaedorea seifrizii*	25.234	0.000
9	Xnantus	*Ichnanthus lanceolatus*	27.220	32.731
10	Yax ak	*Arrabidea podopogon*	54.191	**62.615**
11	Scleria	*Scleria lithrosperma*	0.000	5.709
12	Tulipancillo	*Malvabiscus arboreus*	30.710	31.052
Total			**300.000**	**300.000**

Nota: Pueden presentarse diferencias en decimales por el uso de diferentes programas computacionales.

Figura 6. 4. Comparativa del comportamiento del IVI en el estrato herbáceo, UAC vs ACUSTF.



Como se aprecia en el comparativo del estrato herbáceo con relación a los valores del IVI, que nos indica la importancia ecológica de cada especie y mide el valor de las especies, para este estrato las especies que tienen mayor importancia en la UAC y el ACUSTF son *Rivina humilis, Cydista potosina* y *Arrabidea podogon,* al presentar los valores más altos del IVI.

Por otra parte, se puede observar que la mayoría de las especies registradas en el ACUSTF, se encuentran representadas en la UAC; respecto a las especies *Psychotria nervosa, Scleria lithrosperma y Serjania yucatanensis*, como ya fue mencionado en el punto 6.2.1.1.2. Similitud, se tomarán las medidas de mitigación pertinentes dentro del presente estudio, como lo es el Subprograma de Conservación de Especies, con lo cual se garantiza que estas especies que serán afectadas con el cambio de uso de suelo no se pongan en riesgo, ni se comprometa su permanencia; entre las acciones que contempla el subprograma, además del rescate y reubicación de vegetación, se encuentra la recolección y esparcimiento de semillas, en áreas del Proyecto que no se sometan al cambio de uso del suelo y en áreas de la UAC adyacentes a su zona de distribución; además es de considerar que estas especies tienen una amplia distribución, de acuerdo a literatura consultada, detalle que puede ser verificado en la Tabla 6. 3.

6.2.1.1.4. Medidas a Aplicar para la Vegetación

Como ya se ha mencionado con anterioridad, el Proyecto considera la implementación de diversas medidas de mitigación para los impactos que se prevé sean generados a la flora, con el objetivo de contribuir al restablecimiento de factores funcionales en el ecosistema, entre las cuales se encuentran:

- La reforestación en las áreas que no se someten al cambio de uso de suelo dentro del Proyecto.

- Se promoverá la reforestación con plantas nativas producto del rescate en las áreas verdes del Proyecto.

- El rescate de especies de flora, esta actividad se realizará en las 7.98 ha que contempla el cambio de uso de suelo forestal, esta acción se realizará previo a realizar la remoción de vegetación y con especial énfasis en las especies consideradas como protegidas por la NOM-059-SEMARNAT-2010 y especies que presentan alto valor ecológico y paisajístico, dicha reubicación se llevará a cabo en áreas de la UAC adyacentes a la ACUSTF o bien en áreas del Proyecto que no se sometan a la autorización de cambio de uso de suelo en terrenos forestales.

- Previo al inicio de las labores y como parte del Subprograma de Educación Ambiental, difundirá el reglamento ambiental que tendrá como objetivo informar sobre las limitaciones y/o prohibiciones en cuanto a las prácticas ambientales que podrán realizarse en el área del Proyecto. De igual manera la Promovente llevará a cabo pláticas dirigidas a los trabajadores para difundir las obligaciones ambientales contraídas por la Promovente, para el desarrollo del Proyecto, así como para fomentar y fortalecer el cuidado de la flora y fauna del lugar y buenas prácticas ambientales.

- Se delimitarán físicamente las áreas de aprovechamiento, con el fin de evitar afectaciones e invasiones que puedan disminuir la superficie de conservación o dañar a la vegetación presente en ella.

- Para el personal que labore para el Proyecto quedará prohibido realizar cualquier tipo de aprovechamiento de la flora que pudiesen encontrarse/observar en el momento de realizar sus labores.

- Se instalará letreros alusivos a prohibir el uso del fuego dentro del área del Proyecto, (señalamientos restrictivos, preventivos e informativos sobre la flora).

- La remoción de la vegetación con el cambio de uso de suelo, se realizará empleando técnicas y equipo que ayude a evitar daños a la vegetación residual aledaña al área de cambio de uso de suelo.

- Los movimientos de maquinaria se realizarán solamente sobre el área del proyecto que se somete al cambio de uso del suelo forestal.

6.2.1.1.5. Conclusión

De acuerdo con los resultados obtenidos de los análisis presentados, podemos observar que la diversidad en ambas áreas de análisis es equivalente, registrándose ligeramente más alta para la UAC, tanto a nivel general, como en la mayoría de los estratos, y determinándose que en ambas áreas existe una diversidad considerada como de mediana a alta.

En cuanto a la riqueza específica, se observa que ésta es mayor para la UAC, al registrar la presencia de 72 especies, en comparación con el ACUSTF, que contó con el registro de 50 especies. Es importante mencionar que ambos predios cuentan con el registro de un gran número de especies leguminosas, lo que significa que se encuentran en un proceso avanzado de sucesión.

Realizando la comparación de las especies que se encuentran en las dos áreas de análisis se observa que éstas comparten una similitud del 72.13%, lo que indica que la mayoría de las especies que se encuentran en el área propuesta para llevar a cabo el cambio de uso de suelo forestal, también están representadas en la UAC, y respecto a aquellas especies registradas únicamente en el ACUSTF, se aplicarán las medidas de mitigación necesarias, al momento de la ejecución del Proyecto. Esto es importante debido a que podemos asegurar que las especies que se verán afectadas con el cambio de uso del suelo en terrenos forestales, en sus diferentes estratos no se pondrán en riesgo, ni se comprometerá su biodiversidad.

Por lo señalado anteriormente, en este apartado, podemos demostrar que con la ejecución del cambio de uso de suelo en terrenos forestales en una superficie de 7.98 ha, no se compromete la flora, y por lo tanto no se compromete la biodiversidad, como se señala en el artículo 93 de la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable en vigor.

6.2.1.2. Fauna

De acuerdo con los registros obtenidos en el trabajo de campo con los muestreos y los análisis realizados respecto al índice de diversidad y similitud, se realiza el siguiente análisis comparativo para la UAC y el ACUSTF, por grupo faunístico.

6.2.1.2.1. Aves

De acuerdo a la riqueza de especies, se registraron un total de 38 especies y 171 individuos, para la UAC y 11 especies con 69 individuos para la ACUSTF. Conforme a la abundancia relativa, se tiene que para la UAC las especies con más alto valor son *Hirundo rustica, Amazona albifrons* y *Coragyps atratus,* en tanto que para el ACUSTF son *Quiscalus mexicanus, Cyanocorax yucatanicus* y *Mimus gilvus* (Tabla 6. 7). La única especie enlistada en la NOM-059-SEMARNAT-2010 corresponde a *Eupsittula nana*[6], con la categoría de sujeta a protección especial.

Tabla 6. 7. Comparativa de las especies de aves presentes en la UAC y el ACUSTF, registros y abundancia relativa.

Número	Nombre científico	Nombre común	Presencia/ausencia		Registros		Abundancia relativa	
			UAC	ACUSTF	UAC	ACUSTF	UAC	ACUSTF
1	*Coragyps atratus*	Zopilote	X	-------	11	0	**6.4330**	0.0000
2	*Cathartes aura*	Aura	X	-------	8	0	4.6780	0.0000
3	*Rupornis magnirostris*	Agulilla Caminera	X	-------	1	0	0.5850	0.0000
4	*Ortalis vetula*	Chcachalaca	X	X	8	6	4.6780	8.6957
5	*Columbina passerina*	Tortolita	X	-------	3	0	1.7540	0.0000
6	*Patagioenas flavirostris*	Paloma Morada	X	-------	3	0	1.7540	0.0000
7	*Zenaida asiatica*	Paloma De Alas Blancas	X	X	5	3	2.9240	4.3478
8	*Amazona albifrons*	Perico Frente Blanca	X	-------	12	0	**7.0180**	0.0000
9	*Aratinga nana*[7]	Perico Pecho Sucio	X	X	9	4	5.2630	5.7971
10	*Crotophaga sulcirostris*	Garrapatero	X	-------	7	0	4.0940	0.0000
11	*Piaya cayana*	Cucu	X	-------	2	0	1.1700	0.0000
12	*Chordeiles minor*	Chotacabra zumbón	X	-------	2	0	1.1700	0.0000
13	*Chlorostilbon canivetii*	Colibrí esmeralda	X	-------	5	0	2.9240	0.0000
14	*Trogon melanocephalus*	Trogon	X	-------	3	0	1.7540	0.0000
15	*T. melanocephalus*	Trogon	X	-------	1	0	0.5850	0.0000
16	*Eumomota supersiliosa*	Mot mot	X	-------	2	0	1.1700	0.0000
17	*Melanerpes aurifrons*	Carpintero frentiamarilla	X	X	4	1	2.3390	1.4493
18	*M. pygmaeus*	Carpintero enano	X	-------	5	0	2.9240	0.0000
19	*Piranga rubra*	Piranga roja	X	-------	2	0	1.1700	0.0000
20	*Parula americana*	Parula norteña	X	-------	2	0	1.1700	0.0000
21	*Vireo magister*	Vireo yucateco	X	-------	2	0	1.1700	0.0000
22	*Megarynchus pitangua*	Luis piquigrueso	X	X	5	2	2.9240	2.8986
23	*Myiozetetes similis*	Luis gregario	X	-------	3	0	1.7540	0.0000
24	*Pitangus sulphuratus*	Luis	X	X	3	7	1.7540	10.1449
25	*Tyrannus melancholicus*	Tirano	X	-------	5	0	2.9240	0.0000
26	*T. couchi*	Tirano silvador	X	-------	1	0	0.5850	5.7971
27	*Hirundo rustica*	Golondrina	X	-------	14	0	**8.1870**	0.0000

[6] *Aratinga nana*.
[7] *Eupsittula nana*.

Número	Nombre científico	Nombre común	Presencia/ausencia		Registros		Abundancia relativa	
			UAC	ACUSTF	UAC	ACUSTF	UAC	ACUSTF
28	*Cyanocorax yucatanicus*	Chara azul	X	X	8	14	4.6780	**20.2899**
29	*Psilorhinus morio*	Pepe	X	-------	6	0	3.5090	0.0000
30	*Mimus gilvus*	Cenzontle tropical	X	X	5	7	2.9240	**10.1449**
31	*Pachyramphus aglaiae*	Cabezón degollado	X	-------	2	0	1.1700	0.0000
32	*Tytira semifasciata*	Titira puerquito	X	-------	1	0	0.5850	0.0000
33	*Dives dives*	Tordo cantor	X	-------	1	0	0.5850	0.0000
34	*Icterus auratus*	Bolsero yucateco	X	X	5	2	2.9240	2.8986
35	*I. dominicensis*	Bolsero dominico	X	-------	3	0	1.7540	0.0000
36	*I. gularis*	Bolsero de Altamira	X	-------	4	0	2.3390	0.0000
37	*Quiscalus mexicanus*	Zanate	X	X	7	19	4.0940	**27.5362**
38	*Molothrus aeneus*	Tordo ojo rojo	X	-------	1	0	0.5850	0.0000
39	*Tyrannus couchi*	Tirano Silvador	-------	X	0	4	0.0000	0.0000
Total			**38**	**11**	**171**	**69**	**100**	**100**

Nota: Pueden presentarse diferencias en decimales por el uso de diferentes programas computacionales.

En cuanto al Índice de Shannon para el grupo de aves en la UAC se registra un valor de 4.906, siendo mayor que el registrado para el ACUSTF, la cual presenta un valor de 3.013. Así mismo la UAC registra una equidad de 0.935, mientras que en el ACUSTF es de 0.871. Finalmente, el Índice de Sorensen nos indica que la comunidad de aves entre la UAC y del ACUSTF, presentan una similitud del 40.81%, compartiendo un total de 10 especies (Tabla 6. 8). La especie registrada en el ACUSTF que no fue registrada en la UAC corresponden a *Tyrannus couchi*.

Tabla 6. 8. Comparativa de diversidad, equidad y similitud para las aves de la UAC respecto del ACUSTF.

	Índice de Shannon	Diversidad máxima H max	Equidad de Pielou	Índice de Sorensen
UAC	4.906	5.248	0.935	40.81%
ACUSTF	3.013	3.459	0.871	

Nota: Pueden presentarse diferencias en decimales por el uso de diferentes programas computacionales.

Con base en la información presentada se puede determinar que, para el grupo de las aves, la UAC es más diversa que el ACUSTF, presentando un valor más alto de acuerdo a la estimación realizada, sin embargo, para ambos sitios la diversidad puede considerarse como alta. Con relación a la equidad se pude observar que en general, para ambas áreas de análisis, todas las especies son igualmente abundantes.

En cuanto al Índice de Sorensen, el análisis nos indica que entre ambas áreas de análisis existe una baja similitud, y esto es atribuido a que existen 28 especies de fauna silvestre que solamente fueron registradas para el UAC. Cabe señalar que el 90% de las especies registradas en el ACUSTF, también pueden ser encontradas en la UAC. Así mismo es de considerarse que la distribución de la especie que únicamente se registra en el ACUSTF, presentan una distribución amplia, de acuerdo a la literatura consultada (Tabla 6. 9), por lo que no se pondrá en riesgo ni se comprometerá la diversidad local o de la UAC para el grupo de las aves. Aunado a lo anterior se debe considerar que las aves son especies de fácil desplazamiento, no obstante, el Proyecto considera entre sus medidas de prevención y mitigación de impactos, la implementación del Subprograma de Conservación de Especies, en el que se establecen diversas acciones para

garantizar la protección de la fauna silvestre que habita en el área definida para el cambio de uso de suelo.

Tabla 6. 9. Distribución de la especie de ave existente en el ACUSTF que no fue registrada en la UAC. Fuente: Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, Sistema Nacional de Información sobre Biodiversidad.

Nombre común	Nombre científico	Distribución	Enlace
Tirano silbador	*Tyrannus couchi*	Campeche, Coahuila, Chiapas, Guanajuato, Hidalgo, Nuevo León, Oaxaca, Puebla, Quintana Roo, San Luis Potosí, Tabasco, Tamaulipas, Tlaxcala, Veracruz, Yucatán	https://enciclovida.mx/especies/36407-tyrannus-couchii

6.2.1.2.2. Mamíferos

De acuerdo con la riqueza de especies, se registraron un total de 13 especies y 31 individuos, para la UAC y 4 especies con 17 individuos para el ACUSTF. Conforme a la abundancia relativa, se tiene que tanto para la UAC como para el ACUSTF la especie con más alto valor es *Nasua narica* (Tabla 6. 10). Cabe señalar que ninguna especie se encuentra enlistada en la NOM-059-SEMARNAT-2010.

Tabla 6. 10. Comparativa de las especies de mamíferos presentes en la UAC y el ACUSTF, registros y abundancia relativa.

Número	Nombre científico	Nombre común	Presencia/ausencia		Registros		Abundancia relativa	
			UAC	ACUSTF	UAC	ACUSTF	UAC	ACUSTF
1	*Artibeus jamaicensis*	Murciélago frutero	X	-------	3	0	9.6770	0.0000
2	*A. intermedius*	Murciélago	X	-------	2	0	6.4520	0.0000
3	*Carollia sowelli*	Murciélago frutero de cola corta	X	-------	1	0	3.2260	0.0000
4	*Peropteryx macrotis*	Murciélago perro mayor	X	-------	1	0	3.2260	0.0000
5	*Didelphis virginiana*	Tlacuache común	X	-------	2	0	6.4520	0.0000
6	*D. marsupialis*	Tlacuache	X	X	2	2	6.4520	10.5263
7	*Peromyscus yucatanicus*	Ratón yucateco	X	-------	3	0	9.6770	0.0000
8	*Oryzomys couesi*	Rata arrocera	X	-------	2	0	6.4520	0.0000
9	*Dasyprocta punctata*	Cereque	X	-------	2	0	6.4520	0.0000
10	*Spilogale putorius*	Zorrillo manchado	X	-------	1	0	3.2260	0.0000
11	*Sciurus yucatanensis*	Ardilla yucateca	X	X	4	1	12.9030	10.5263
12	*Urocyon cinereoargenteus*	Zorra gris	X	X	2	1	6.4520	10.5263
13	*Nasua narica*	Tejón, coati, pizote	X	X	6	13	**19.3550**	**68.4211**
Total			**13**	**4**	**31**	**17**	**100**	**100**

Nota: Pueden presentarse diferencias en decimales por el uso de diferentes programas computacionales.

En cuanto al Índice de Shannon para el grupo de mamíferos en la UAC se registra un valor de 3.502, siendo mayor que el registrado para el ACUSTF, el cual presenta un valor de 1.400. Así mismo la UAC registra una equidad de 0.946, mientras que en el ACUSTF es de 0.700. Finalmente, el Índice de Sorensen nos indica que la comunidad de mamíferos entre la UAC y del ACUSTF, presentan una similitud del 47.05%, compartiendo un total de 4 especies (Tabla 6. 11). Todas las especies registradas en el ACUSTF fueron registradas en la UAC.

Tabla 6. 11. Comparativa de diversidad, equidad y similitud para los mamíferos de la UAC respecto del ACUSTF.

	Índice de Shannon	Diversidad máxima H max	Equidad de Pielou	Índice de Sorensen
UAC	3.502	3.7	0.946	47.05%
ACUSTF	1.400	2.000	0.700	

Nota: Pueden presentarse diferencias en decimales por el uso de diferentes programas computacionales.

Con base en la información presentada se puede determinar que, para el grupo de los mamíferos, la UAC es más diversa que el ACUSTF, presentando la UAC una diversidad considerada como alta y el ACUSTF como baja. Con relación a la equidad se pude observar que en general, para ambas áreas de análisis, todas las especies son igualmente abundantes.

En cuanto al Índice de Sorensen, el análisis nos indica que entre ambas áreas de análisis existe una baja similitud, y esto es atribuido a que existen 9 especies de fauna silvestre que solamente fueron registradas para la UAC. Cabe señalar que el 100% de las especies registradas en el ACUSTF, también pueden ser encontradas en la UAC.

6.2.1.2.3. Reptiles

De acuerdo con la riqueza de especies, se registraron un total de 17 especies y 52 individuos, para la UAC y 3 especies con 6 individuos para el ACUSTF. Conforme a la abundancia relativa, se tiene que para la UAC la especie con más alto valor es *Ctenosaura similis* y, para el ACUSTF es *Basiliscus vittatus* (Tabla 6. 12). Las especies listadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010 corresponden con: *Ctenosaura similis, Leptophis mexicanus* y *Rhinoclemmys areolata* con la categoría de amenazadas y, *Kinosternon scorpioides* con la categoría de sujeta a protección especial, todas presentes presentes en la UAC.

Tabla 6. 12. Comparativa de las especies de reptiles presentes en la UAC y el ACUSTF, registros y abundancia relativa.

Número	Nombre científico	Nombre común	Presencia/ausencia		Registros		Abundancia relativa	
			UAC	ACUSTF	UAC	ACUSTF	UAC	ACUSTF
1	*Rhinoclemmys areolata*	Tortuga mojina	X	-------	2	0	3.8460	0.0000
2	*Kinosternon scorpioides*	Pochitoque	X	-------	2	0	3.8460	0.0000
3	*Hemidactylus frenatus*	Cuija, besucona	X	-------	6	0	11.5380	0.0000
4	*Basiliscus vittatus*	Tolok	X	X	4	4	7.6920	**66.6667**
5	*Ctenosaura similis*	Iguana rallada, garrobo	X	-------	9	0	**17.3080**	0.0000
6	*Sceloporus chrysostictus*	Roño	X	-------	3	0	5.7690	0.0000
7	*Anolis sagrei*	Chipojo	X	-------	2	0	3.8460	0.0000
8	*Anolis sericeus*	Chipojo	X	-------	6	0	11.5380	0.0000
9	*Plestiodon sumichrasti*	Eslizón listado del sureste	X	-------	2	0	3.8460	0.0000
10	*Holcosus undulatus*	Ameiva arcoíris	X	-------	3	0	5.7690	0.0000
11	*Coniophanes schmidti*	Culebra rayada yucateca	X	-------	1	0	1.9230	0.0000
12	*Leptophis mexicanus*	Ranera oliva	X	-------	5	0	9.6150	0.0000
13	*Oxybelis fulgidus*	Bejuquillo verde	X	X	1	1	1.9230	16.6667
14	*Masticophis mentovarius*	Culebra corredora	X	-------	1	0	1.9230	0.0000

Número	Nombre científico	Nombre común	Presencia/ausencia		Registros		Abundancia relativa	
			UAC	ACUSTF	UAC	ACUSTF	UAC	ACUSTF
15	*Mastigodryas melanolomus*	Culebra lagartijera común	X	-------	1	0	1.9230	0.0000
16	*Boa imperator*	Oxcan, boa	X	X	2	1	3.8460	16.6667
17	*Bothrops asper*	Nauyaca real	X	-------	2	0	3.8460	0.0000
Total			**17**	**3**	**52**	**6**	**100**	**100**

Nota: Pueden presentarse diferencias en decimales por el uso de diferentes programas computacionales.

En cuanto al Índice de Shannon para el grupo de reptiles en la UAC se registra un valor de 3.765, siendo mayor que el registrado para el ACUSTF, el cual presenta un valor de 1.252. Así mismo la UAC registra una equidad de 0.921, mientras que en el ACUSTF es de 0.789. Finalmente, el Índice de Sorensen nos indica que la comunidad de reptiles entre la UAC y del ACUSTF, presentan una similitud del 30.00%, compartiendo un total de 3 especies (Tabla 6. 13). Todas las especies registradas en el ACUSTF se encuentran presentes en la UAC.

Tabla 6. 13. Comparativa de diversidad, equidad y similitud para los reptiles de la UAC respecto del ACUSTF.

	Índice de Shannon	Diversidad máxima H max	Equidad de Pielou	Índice de Sorensen
UAC	3.765	4.087	0.921	30.00%
ACUSTF	1.252	1.585	0.789	

Nota: Pueden presentarse diferencias en decimales por el uso de diferentes programas computacionales.

Con base en la información presentada se puede determinar que, para el grupo de los reptiles, la UAC es más diversa que el ACUSTF, presentando la UAC una diversidad considerada como alta y el ACUSTF como baja. Con relación a la equidad se puede observar que, para la UAC, ésta se registra con un valor más alto que para el ACUSTF, 0.921 contra 0.789, lo cual indica que la UAC presenta una mayor equidad en la abundancia de especies.

En cuanto al Índice de Sorensen, el análisis nos indica que entre ambas áreas de análisis existe una baja similitud, y esto es atribuido a que existen 14 especies de fauna silvestre que solamente fueron registradas para la UAC. Cabe señalar que el 100% de las especies registradas en el ACUSTF, también pueden ser encontradas en la UAC.

6.2.1.2.4. Anfibios

De acuerdo con la riqueza de especies, se registraron un total de 6 especies y 16 individuos, para la UAC y 2 especies con 3 individuos para la ACUSTF. Conforme a la abundancia relativa, se tiene que la especie con más alto valor para la UAC es *Leptodactylus melanonotus* y, para el ACUSTF es *Smilisca baudinii* (Tabla 6. 14). Cabe señalar que ninguna especie se encuentra enlistada en la NOM-059-SEMARNAT-2010.

Tabla 6. 14. Comparativa de las especies de anfibios presentes en la UAC y el ACUSTF, registros y abundancia relativa.

Número	Nombre científico	Nombre común	Presencia/ausencia		Registros		Abundancia relativa	
			UAC	ACUSTF	UAC	ACUSTF	UAC	ACUSTF
1	*Smilisca baudinii*	Rana arborícola	X	X	3	2	18.7500	**66.6667**
2	*Trachycephalus venulosa*	Rana lechosa	X	-------	1	0	6.2500	0.0000
3	*Scinax staufferi*	Rana arborícola trompuda	X	-------	2	0	12.5000	0.0000
4	*Leptodactylus melanonotus*	Ranita de hojarasca	X	-------	7	0	**43.7500**	0.0000
5	*Rhinella marina*	Sapo marino	X	-------	1	0	6.2500	0.0000
6	*Incillius valliceps*	Sapo costero	X	-------	2	0	12.5000	0.0000
7	*Chanus marinus*	Sapo/much	-------	X	0	1	0.0000	33.3333
Total			**6**	**2**	**16**	**3**	**100**	**100**

Nota: Pueden presentarse diferencias en decimales por el uso de diferentes programas computacionales.

En cuanto al Índice de Shannon para el grupo de reptiles en la UAC se registra un valor de 2.225, siendo mayor que el registrado para el ACUSTF, el cual presenta un valor de 0.918. Así mismo la UAC registra una equidad de 0.861, mientras que en el ACUSTF es de 0.918. Finalmente, el Índice de Sorensen nos indica que la comunidad de anfibios entre la UAC y del ACUSTF, presentan una similitud del 25%, compartiendo un total de 1 especie (Tabla 6. 15). La especie registrada en el ACUSTF que no fue registrada en la UAC corresponden a *Chanus marinus*.

Tabla 6. 15. Comparativa de diversidad, equidad y similitud para los anfibios de la UAC respecto del ACUSTF.

	Índice de Shannon	Diversidad máxima H max	Equidad de Pielou	Índice de Sorensen
UAC	2.225	2.585	0.861	25.00%
ACUSTF	0.918	1.000	0.918	

Nota: Pueden presentarse diferencias en decimales por el uso de diferentes programas computacionales.

Con base en la información presentada se puede determinar que, para el grupo de los anfibios, la UAC es más diversa que el ACUSTF, presentando ambas una diversidad considerada como baja. Con relación a la equidad se pude observar que en general, para ambas áreas de análisis, todas las especies son igualmente abundantes.

En cuanto al Índice de Sorensen, el análisis nos indica que entre ambas áreas de análisis existe una baja similitud, y esto es atribuido a que existen 5 especies de fauna silvestre que solamente fueron registradas para la UAC. Es de considerarse que la distribución de la especie que únicamente se registra en el ACUSTF, presentan una distribución amplia, de acuerdo a la literatura consultada (Tabla 6. 16), por lo que no se pondrá en riesgo ni se comprometerá la diversidad local o de la UAC para el grupo de los anfibios. Aunado a lo anterior se debe considerar que el Proyecto contempla la conservación de 25% de su superficie, por lo que la especie afectada por el cambio de uso de suelo podrá desplazarse a esta área en donde encontrará refugio permanente o temporal, no obstante lo anterior, el Proyecto también considera entre sus medidas de prevención y mitigación de impactos, la implementación del Subprograma de Conservación de Especies, en el que se establecen diversas acciones para garantizar la protección de la fauna silvestre que habita en el área definida para el cambio de uso de suelo, con especial énfasis en las especies consideradas como de lento desplazamiento.

Tabla 6. 16. Distribución de la especie de anfibio existente en el ACUSTF que no fue registrada en la UAC. Fuente: Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, Sistema Nacional de Información sobre Biodiversidad.

Nombre común	Nombre científico	Distribución	Enlace
Sapo/much	*Chanus marinus*	Campeche, Coahuila, Colima, Chiapas, Chihuahua, Durango, Guerrero, Hidalgo, Jalisco, Michoacán, Morelos, Nuevo León, Oaxaca, Querétaro de Arteaga, Quintana Roo, San Luis Potosí, Sinaloa, Sonora, Tabasco, Tamaulipas, Tlaxcala, Veracruz, Yucatán, Zacatecas	https://enciclovida.mx/especies/37560-rhinella-horribilis

6.2.1.2.5. Medidas a Aplicar para la Fauna

Debido a que para la construcción del Proyecto es necesario llevar a cabo la eliminación total de la vegetación presente en la superficie del área sujeta a cambio de uso de suelo forestal, se verán afectados los sitios de alimentación y/o de paso de algunas de las especies de fauna silvestre, por lo que a fin de salvaguardar los recursos faunísticos de la zona, en el Subprograma de Conservación de Especies (ver Capítulo 7), se detallan las acciones, técnicas y tiempos a realizar sobre este factor ambiental, entre los que destacan:

1. Minimizar los impactos ambientales sobre la fauna silvestre amenazada y de lento desplazamiento a través del rescate y reubicación para su protección.
2. Efectuar recorridos previos antes de cualquier actividad, para la identificación y ubicación y señalamiento de posibles nidos y madrigueras con actividad.
3. Rescatar la mayor cantidad posible de individuos de las especies protegidas y de lento desplazamiento, que habiten en el área a intervenir por el Proyecto.
4. Trasladar (o relocalizar) los individuos capturados a áreas de conservación o ambientes similares, que no serán sometidos a modificaciones en el mediano o largo plazo.
5. Ahuyentamiento de individuos de especies de aves y mamíferos medianos a grandes.
6. Realizar la manipulación de las especies faunísticas rescatadas, mediante la implementación de técnicas específicas para cada grupo.
7. Efectuar la reubicación de los individuos, en sitios previamente seleccionados de acuerdo con los criterios técnicos y biológicos que permitan proporcionar las condiciones idóneas para su subsistencia.
8. Colocar letreros en distintos frentes de trabajo, así como en las principales áreas de acceso a la zona del Proyecto alusivo a la presencia de fauna y su protección.

Aunado a la implementación y ejecución del programa previamente mencionado se llevarán a cabo las medidas de mitigación siguientes:

1. Las actividades de desmonte se llevarán a cabo en zonas de menor a mayor densidad de vegetación con el fin de permitir el desplazamiento de fauna.
2. Evitar la afectación de zonas que no sean destinadas para realizar alguna actividad indicada en el Proyecto, realizar trabajos únicamente en las áreas autorizadas para cambio de uso de suelo forestal.
3. Se prohibirán las actividades de aprovechamiento de especies y/o cualquier otra actividad que perjudique de manera directa a la fauna silvestre de la zona.

4. Se establecerá un límite de velocidad máxima para evitar la mortalidad de la fauna terrestre por atropellamiento.
5. Quedará estrictamente prohibido todo acto de crueldad en contra de la fauna silvestre, en los términos de la Ley General de Vida Silvestre.
6. Se concientizará y/o capacitará a los trabajadores sobre la importancia del cuidado de la fauna silvestre.

La implementación de estas medidas tiene como objetivo minimizar al máximo la posible afectación a la fauna silvestre que se pudiera originar por la implementación del Proyecto, así como fomentar la permanencia de las especies presentes mediante acciones de conservación del hábitat de la zona, igualmente se pretende involucrar y capacitar a un grupo de trabajadores a fin de que conozcan la forma de detectar las diferentes especies de animales presentes y cuál debe ser su comportamiento ante tal eventualidad, con el fin de que el personal sepa actuar en caso de encuentros fortuitos de ejemplares que se desplacen a las zonas de trabajo.

6.2.1.3. Conclusión

Con base en los resultados obtenidos de los análisis realizados a la información técnica presentada, respecto a la riqueza de especies, abundancia relativa e índices de diversidad, equitatividad y similitud de los grupos faunísticos registrados en el área definida para el cambio de uso de suelo (ACUSTF) respecto de la unidad de análisis de la cuenca (UAC), se observa que la UAC registra una mayor riqueza que el ACUSTF, así como que la mayoría de las especies que se verán afectadas por esta actividad, se encuentran altamente representadas dentro de la UAC determinada para el Proyecto, presentando para todos los grupos valores superiores de diversidad y para algunos grupos valores superiores de abundancia.

Así mismo, es importante señalar que el cambio de uso de suelo solo se realizará en un 75% (7.98 ha) de la superficie total del Proyecto (10.64 ha), considerando una superficie de conservación de 25% (2.66 ha), más los corredores biológicos establecidos desde la conformación del macroproyecto Ciudad Mayakoba, por lo que las especies podrán desplazarse a esta área en donde encontrarán refugio permanente o temporal.

Con relación a las especies registradas únicamente en el ACUSTF, que no se encuentran en la UAC, se aplicarán las medidas de mitigación necesarias, al momento de la ejecución del Proyecto, para garantizar que estas especies, así como las consideradas por la NOM-059-SEMARNAT-2010, las de lento desplazamiento y en general todas las especies, no se pongan en riesgo y sean protegidas, lo cual se hará a través de la implementación del Subprograma de Conservación de Especies, entre otras medidas ya señaladas en este apartado.

Por todo lo anterior, se considera y establece que las actividades de cambio de uso de suelo en terrenos forestales, así como la ejecución del proyecto NO pondrán en riesgo a las especies de fauna que se distribuyen en la zona del proyecto y mucho menos a nivel cuenca.

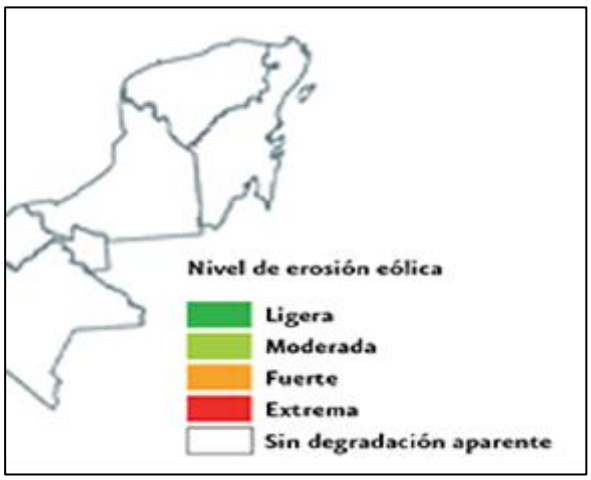
Por lo tanto y con base en los distintos razonamientos expresados con anterioridad, se considera que se da cumplimiento y se encuentra acreditado el primer supuesto establecido en el artículo 93 de la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable, **en cuanto a que, con lo especificado queda demostrado técnicamente que con el desarrollo del Proyecto y la ejecución del cambio de uso de suelo en terrenos forestales en cuestión no afectará la permanencia y continuidad de las poblaciones de las especies de fauna silvestre existentes, y por lo tanto no se compromete la biodiversidad.**

6.2.2. No Se Provocará la Erosión del Suelo

El proceso más importante de degradación del suelo en México es la erosión hídrica, cuya superficie de afectación asciende a 37% (72'465,144 ha del territorio). Los efectos más dramáticos se presentan con la formación de cárcavas, lo que deriva en zonas improductivas para cualquier actividad económica. De la misma manera, la erosión también afecta las capas superficiales de las tierras, donde si bien es posible seguir desarrollando actividades agropecuarias y forestales, se presenta una baja considerable en la producción y en estas áreas donde es posible revertir el fenómeno mediante un uso sustentable del recurso[8].

De acuerdo con el Informe de la Situación del Medio Ambiente en México. Compendio de Estadísticas Ambientales (2008) de la Secretaria de Medio Ambiente y Recurso Naturales (SEMARNAT)[9], se reconoce que prácticamente toda la península de Yucatán está incluida dentro de una zona definida como nula en términos de erosión hídrica potencial ya que esta alcanza un valor menor a las 5 ton/ha/año. Además de que la erosión eólica potencial alcanza el mismo valor solamente que este corresponde únicamente con la zona norte del estado Quintana Roo. De manera adicional, en el mismo informe se registra la erosión hídrica y eólica generada en esta misma región en el 2002, por lo que se cataloga a la Península como una zona sin degradación aparente (Figura 6. 5 y Figura 6. 6). Lo anterior desde luego está relacionado con sus principales rasgos fisiográficos: la presencia de una topografía sensiblemente plana y la ausencia de escurrimientos fluviales.

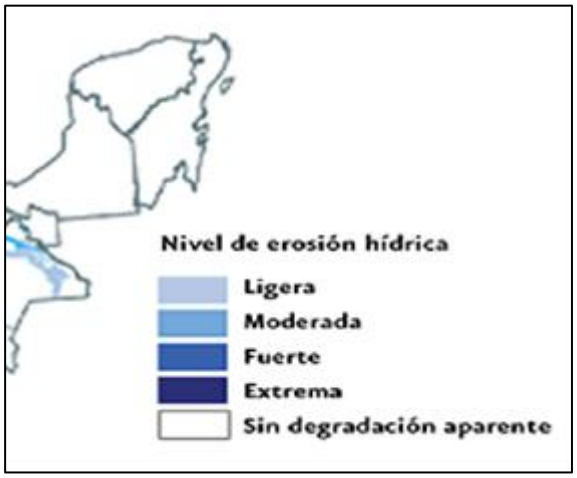
Figura 6. 5. Niveles de erosión eólica en la Península de Yucatán (SEMARNAT, 2008).



[8] https://paot.org.mx/centro/ine-semarnat/informe02/estadisticas_2000/compendio_2000/03dim_ambiental/03_03_Suelos/data_suelos/RecuadroIII.3.3.2.htm.

[9] http://app1.semarnat.gob.mx/dgeia/informe_2008/03_suelos/cap3_2.html.

Figura 6. 6. Niveles de erosión hídrica en la Península de Yucatán (SEMARNAT, 2008).



Grado de erosión del suelo. Al respecto, se ha definido a la erosión como el desprendimiento y arrastre físico de las partículas o materiales del suelo por los agentes del intemperismos, principalmente el agua y el viento. En este sentido, se debe reconocer que este proceso es una de las principales causas de desertificación y en México constituye uno de los problemas más severos de los recursos naturales. En lo que respecta a las condiciones naturales del sitio, no presenta problemas de erosión, ya que no hay pendientes pronunciadas, ni escurrimientos provocados por cárcavas o grietas. De igual manera en el Proyecto se encuentra vegetación de selva mediana subperennifolia con vegetación secundaria en proceso de recuperación que protege la capa de suelo presente y contribuye a su formación.

De acuerdo al plan maestro presentado en este DTU-BP, se tiene que la superficie sujeta a cambio de uso de suelo del Proyecto es de 7.98 ha. Lo cual integra un polígono de forma irregular y que presenta únicamente micro-elevaciones que le dan la apariencia de una superficie ondulada a sensiblemente plana. Además de acuerdo con el INE-SEMARNAT (2007) a esta región se le define como llanuras planas que se caracterizan por alcanzar una pendiente entre el 0-2.5%.

Como bien lo indican los resultados estimados para el Proyecto (área sujeta a CUSTF), los valores de erosión presentarán distintas tasas durante las diferentes etapas del Proyecto en lo que corresponde a la condición actual y después del desmonte, ya que existe la vegetación como un obstáculo para que el agua o el viento ejerzan una fuerza erosiva importante.

Esta condición natural es clara y coherente, debido que, en el Proyecto, la vegetación secundaria derivada de selva mediana subperennifolia actualmente ofrece condiciones de resistividad a la pérdida de suelo; siendo esta una de las principales funciones de la vegetación de la selva. No obstante, para facilitar la toma de decisiones se ha realizado la estimación de los valores de erosión, para lo cual se han desarrollado numerosos modelos, dentro de los cuales destaca la Ecuación Universal de Pérdida de Suelos (USLE) (Wischmeier y Smith, 1978), la cual es utilizada ampliamente para cuantificar la magnitud del problema y evaluar o predecir la efectividad de las medidas de conservación. Este modelo predice las pérdidas de suelo para cualquier combinación específica de suelo, relieve, clima cobertura y prácticas de manejo.

En el presente apartado se presenta la metodología y los resultados obtenidos del estudio de erosión realizado para el proyecto. El estudio en extenso puede ser consultado en el Anexo 6.1.

Metodología

Como se ha referido, para la estimación de la pérdida de suelo se utilizó el modelo predictivo de la Ecuación Universal de Pérdida de Suelo (EUPS) simplificada de acuerdo con Martínez-Ménez (2005), misma que se expresa como:

$$E = R\ K\ LS\ C\ P$$

Dónde:

E = Erosión del suelo t/ha año
R = Erosividad de la lluvia. Mj/ha mm/hr
K = Erosionabilidad del suelo
LS = Longitud y Grado de pendiente
C = Factor de vegetación
P = Factor de prácticas mecánicas

Aplicando la ecuación anterior se pudo estimar los diferentes escenarios de erosión bajo diferentes condiciones. De esta forma, se estimó la erosión bajo las condiciones actuales (sin CUSTF y sin proyecto), así como la erosión con proyecto (con CUSTF, proyecto y medidas antierosivas), tal como se puede observar en los siguientes apartados.

Resultados

Para utilizar este modelo, se han propuesto diferentes metodologías para estimar cada una de las variables; sin embargo, la aplicación de algunas de ellas en el campo es difícil de realizar por no contar con la información mínima necesaria. Para evitar estos problemas, en este apartado se presenta una metodología simplificada y adecuada para utilizarse en México (Martínez-Ménez, 2005) (Anexo 6.1).

Erosividad (R). La estimación de R se puede realizar conociendo la energía cinética de la lluvia y la velocidad de caída de las gotas de lluvia, utilizando la ecuación siguiente:

$$E_c = \frac{mv^2}{2}$$

Dónde:

m= Masa de lluvia
v= Velocidad de caída de las gotas de lluvia.

Considerando lo complejo de hacer esta estimación se propuso que un mejor estimador de la agresividad de la lluvia sería $\sum EI_{30}$ o sea el valor de erosividad de la lluvia (R). Para estimar R se obtiene el valor de energía cinética por evento, se estima por evento como Ec= 0.119 + 0.0873 log10 I donde hay que conocer la intensidad de la lluvia y obtener el Valor de Ec y multiplicarlo por la intensidad máxima de la lluvia en 30 minutos. La suma de estos valores de EI30 en un año da el valor de R.

Este procedimiento es complicado cuando no se cuenta con datos de intensidad de la lluvia; por esta razón, se buscó correlacionar los datos de precipitación anual con los valores de R estimados en el país utilizando la información de intensidad de la lluvia disponible (Cortés y Figueroa, 1991).

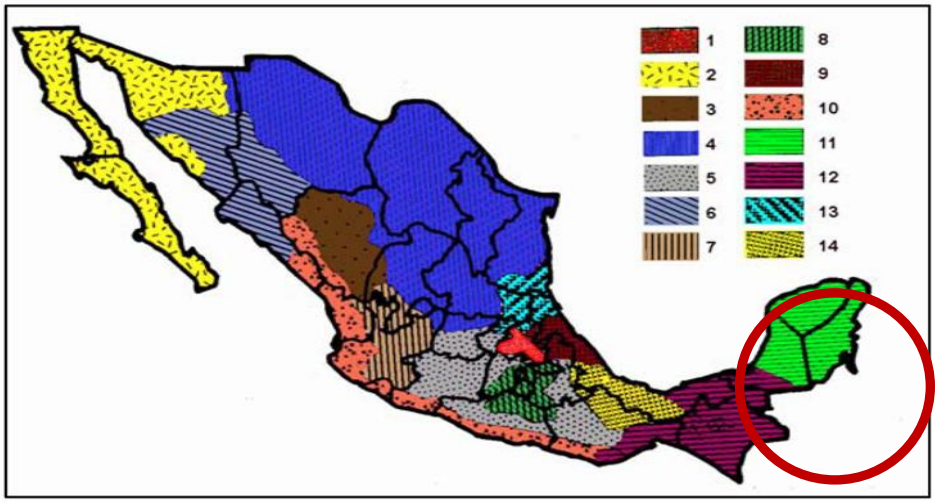
De acuerdo con este procedimiento se elaboraron modelos de regresión donde a partir de datos de precipitación media anual (P) se puede estimar el valor de R de la EUPS. Estos modelos de regresión son aplicados para 14 diferentes regiones del país (Martínez-Ménez, 2005), mismas que se muestran en la Tabla 6. 17.

Tabla 6. 17. Ecuaciones para estimar la Erosividad de la lluvia (R) en la República Mexicana.

Región	Ecuación	R^2
I	$R = 1.2078P + 0.002276P^2$	0.92
II	$R = 3.4555P + 0.006470P^2$	0.93
III	$R = 3.6752P - 0.001720P^2$	0.94
IV	$R = 2.8559P + 0.002983P^2$	0.92
V	$R = 3.4880P - 0.00088P^2$	0.94
VI	$R = 6.6847P + 0.001680P^2$	0.90
VII	$R = -0.0334P + 0.006661P^2$	0.98
VIII	$R = 1.9967P + 0.003270P^2$	0.98
IX	$R = 7.0458P - 0.002096P^2$	0.97
X	$R = 6.8938P + 0.000442P^2$	0.95
XI	$R = 3.7745P + 0.004540P^2$	0.98
XII	$R = 2.4619P + 0.006067P^2$	0.96
XIII	$R = 10.7427P - 0.00108P^2$	0.97
XIV	$R = 1.5005P + 0.002640P^2$	0.95

Adicionalmente, en la Figura 6. 7 se muestra la distribución de cada una de las regiones referidas en la tabla citada, resaltando la 11, misma que es correspondiente con la península de Yucatán y, por tanto, con la zona donde se ubicara el Proyecto.

Figura 6. 7. Mapa de regiones diferentes valores de Erosividad de la lluvia en la República Mexicana. Fuente: Fuente: www.sagarpa.gob.mx/sdr/apoyos/publicaciones/dctos_excell/01estim-erosion.xls.



Para estimar R en el ámbito regional, se puede utilizar la precipitación media anual y con un modelo lineal muy simple estimarlo. Para estimar el valor de erosividad de la lluvia para la región (Región 11. Península de Yucatán) en donde se encuentra el Proyecto se puede aplicar la siguiente ecuación:

$$R = 3.7745p + 0.004540p2$$

Dónde:

R = Erosividad de la lluvia Mj/ha mm/hr
p = Precipitación media anual de la región o área de estudio

De manera particular, en el área de estudio la precipitación media anual histórica para la zona es de 1331.2 mm, como lo registra la estación meteorológica de Playa del Carmen (CONAGUA, 2010). Por lo que con base a la ecuación lineal y el volumen de precipitación media anual antes presentado se obtiene el valor de R que sería:

$$R = 3.7745\ (1331.2) + 0.004540\ (1331.2)2$$

Por lo tanto:

$$R = 13{,}069.92\ Mj/ha\ mm/hr$$

Erosionabilidad (K). La susceptibilidad de los suelos a erosionarse depende del tamaño de las partículas del suelo, del contenido de materia orgánica, de la estructura del suelo en especial del tamaño de los agregados y de la permeabilidad.

Para su estimación se utilizan fórmulas complicadas; para condiciones de campo se recomienda el uso de los valores de Morgan (1985), donde se relacionan las subunidades de suelo y el tipo de textura (Tabla 6. 18).

Tabla 6. 18. Valores de erosionabilidad de los suelos (K) estimado en función de la textura y el contenido de materia orgánica (Morgan, 1985).[10]

Textura	% de materia orgánica		
	0.0-0.5	0.5-2.0	2.0-4.0
Arcillo arenosa	0.014	0.013	0.012
Arcillo limosa	0.025	0.023	0.019
Arena	0.005	0.003	0.002
Arena fina	0.016	0.014	0.010
Arena fina migajosa	0.024	0.020	0.016
Arena migajosa	0.012	0.010	0.008
Arena muy fina	0.042	0.036	0.028
Arena muy fina migajosa	0.044	0.038	0.030
Limo	0.060	0.052	0.042
Migajón	0.038	0.034	0.029

10

Fuente:http://www.sagarpa.gob.mx/desarrolloRural/Publicaciones/Lists/CursoTaller%20Desarrollo%20de%20capacidades%20orientadas%20a/Attachments/6/04estim-eros-sue.pdf

Textura	% de materia orgánica		
	0.0-0.5	0.5-2.0	2.0-4.0
Migajón arcillo arenosa	0.027	0.025	0.021
Migajón arcillo limosa	0.037	0.032	0.026
Migajón arcillosa	0.028	0.025	0.021
Migajón arenosa	0.027	0.024	0.019
Migajón arenosa fina	0.035	0.030	0.024
Migajón arenosa muy fina	0.047	0.041	0.033
Migajón limoso	0.048	0.042	0.033
Arcilla	0.013-0.029		

Lo anterior fue confirmado, obteniendo el valor del factor de Erosionabilidad (K) en función de la unidad del suelo y su textura superficial. Para el caso del Proyecto el tipo de suelo es el Leptosol (Rendzina-Litosol); por lo que teniendo en cuenta lo anterior y tomando como base la siguiente tabla de valores de K, se obtuvo un valor de K= 0.020 para el tipo de suelo presente dentro del Proyecto.

Tabla 6. 19. Valores de erosionabilidad de los suelos (K) estimado en función de las unidades y subunidades de suelo y su textura (Morgan 1985).

Unidades y subunidades de suelo de acuerdo a la clasificación de la FAO		Textura		
Símbolo	Nombre	Gruesa	Media	Fina
A	Acrisol	0.026	0.040	0.013
Af	Acrisol férrico	0.013	0.020	0.007
Ag	Acrisol gléyico	0.026	0.030	0.013
Ah	Acrisol húmico	0.013	0.020	0.007
Ao	Acrisol órtico	0.026	0.040	0.013
Ap	Acrisol plíntico	0.053	0.079	0.026
B	Cambisol	0.026	0.040	0.013
B (c, d, e, k)	Cambisol (crómico, dístrico, éutrico, cálcico)	0.026	0.040	0.013
Bf	Cambisol férrico	0.013	0.020	0.007
Bg	Cambisol gléyico	0.026	0.040	0.013
Bh	Cambisol húmico	0.013	0.020	0.007
Bk	Cambisol cálcico	0.026	0.040	0.013
B (v, x)	Cambisol (vértico, xérico)	0.053	0.079	0.026
C (h, k, l)	Chernozem (háplico, cálcico, lúvico)	0.013	0.020	0.007
D (d, g, e)	Podzoluvisol (dístrico, gléyico, éutrico)	0.053	0.079	0.026
E	Rendzina	0.013	0.020	0.007
F (a, h, p, o)	Ferrasol (ácrico, húmico, plíntico, ócrico)	0.013	0.020	0.007
G	Gleysol	0.026	0.040	0.013
Gc	Gleysol calcárico	0.013	0.020	0.007
G (d, e)	Gleysol (dístrico éutrico)	0.026	0.040	0.013
G (h, m)	Gleysol (húmico, mólico)	0.013	0.020	0.007
G (p, x)	Gleysol (plíntico, gélico)	0.053	0.079	0.026
Gv	Gleysol vértico	0.053	0.079	0.026
H (c, g, h, l)	Feozem (calcárico, gléyico, háplico, lúvico)	0.013	0.020	0.007
I	Litosol	0.013	0.020	0.007
J	Fluvisol	0.026	0.040	0.013
Jc	Fluvisol calcárico	0.013	0.020	0.007

Considerando los valores anteriores, en la siguiente Tabla 6. 20 se presentan los valores de K para los predios involucrados en el Proyecto.

Tabla 6. 20. Valores de K en función de las unidades y subunidades de suelo y su textura.

Predio	Tipo de suelo	Valor del factor
Lote 003 (Lote 32)	Leptosol Rendzinico-Lítico	**0.02**
Lote 008 (Lote 13)	Leptosol Rendzinico-Lítico	**0.02**

De manera adicional, los valores anteriores también fueron confirmados usando la fórmula de la ecuación del nomograma de Wischmeier citado por Mannaerts (1999).

$$K=(1/7.594)*[(2.1*10-4*(12-OM)*M1.14+3.25(s-2)+2.5(p-3)]/100$$

Dónde:

K = Factor de erodabilidad del suelo (t./ha.MJ*ha/mm*hr)
OM = Materia orgánica (%)
S = Código de la estructura del suelo
P = Código de permeabilidad
M = Producto de las fracciones del tamaño de las partículas primarias (% limo + % arena muy fina) * (100 - % arcilla)

Los datos requeridos para la aplicación de la ecuación incluyen las características fiscas del suelo que corresponden con los valores de la Tabla 6. 21.

Tabla 6. 21. Características físicas del suelo presente en el Proyecto. Fuente: Duch-Gary, 1988[11].

Tipo de suelo	Profundidad (cm)	Estructura	Arena (%)	Arcilla (%)	Limo (%)	Clase textural	Permeabilidad	Materia orgánica (%)
Leptosol Rendzinico-Lítico	0-10	Media o Granular gruesa	61	14	25	Migajón Arenoso	Moderadamente rápida	10

Además de los códigos de la clase de estructura y permeabilidad que se muestran en la Tabla 6. 22.

[11] Duch-Gary J. (1988). La conformación territorial del estado de Yucatán. Universidad Autónoma de Chapingo. México. 427 p.

Tabla 6. 22. Códigos por clase de estructura del suelo.

Código	Clase de estructura	Tamaño (mm)
1	Granular muy fina y grumosa muy fina	<1
2	Granular fina y grumosa fina	1-2
3	Granular media, grumosa media y granular gruesa	2-10
4	Laminar, prismática, columnar, masiva, bloques y granular muy gruesa	>10

Así como los valores de permeabilidad del suelo que se muestran en la Tabla 6. 23.

Tabla 6. 23. Códigos por permeabilidad del suelo. Fuente: Wischmeier y Smith, 1978.

Código	Clasificación	Conductividad hidráulica (cm/hr)
1	Muy rápido	>12.5
2	Moderadamente rápida	6.0-12.5
3	Moderada	2.0-6.0
4	Moderadamente lenta	0.5-2.0
5	Lenta	0.125-0.5
6	Muy lenta	<0.125

De acuerdo a los datos presentados y aplicando la ecuación lineal para calcular el Factor K, de nueva cuenta se obtuvo un valor de Erodabilidad del suelo:

K = 0.02 t./haMJ*ha/mm*hr

Longitud y Grado de pendiente (LS). Este factor considera la longitud y el grado de pendiente del terreno. La pendiente media del terreno se obtiene dividiendo la diferencia de elevación del punto más alto del terreno al más bajo entre la longitud del mismo, tal como se puede observar a continuación:

$$S = \frac{Hf - Hi}{L} \text{ X } 100$$

Dónde:

S = Pendiente media del terreno (%).
H_f = Altura más alta del terreno (m).
Hi = Altura más baja del terreno (m)
L = Longitud del terreno (m).

Las curvas de nivel de los predios involucrados en el Proyecto indican que las alturas con mayor elevación (Ha), con menor elevación (Hb) y longitud del terreno son las siguientes:

Tabla 6. 24. Mayor elevación, menor elevación y longitud del terreno del Proyecto.

Parámetros	Predio	
	Lote 003 (Lote 32)	Lote 008 (Lote 13)
Ha (m)	7.20	6.20
Hb (m)	5.60	4.80
Longitud (m)	1020	1330

Como se puede observar el nivel de la parte alta para el Lote 003 (Lote 32) es de 7.20 m y la elevación en la parte baja es de 5.60 m; por lo que la diferencia en elevaciones es de 1.60 m. Para el Lote 008 (Lote 13) el nivel de la parte alta es de 6.20 m y la elevación en la parte baja es de 4.80 m; por lo que la diferencia en elevaciones es de 1.40 m. Por otro lado, la longitud del terreno en el Lote 003 (Lote 32) es de 1020 m y para el Lote 008 (Lote 13) es de 1330 m. Con todo lo anterior y aplicando la ecuación lineal anterior, entonces la pendiente media para cada predio se presenta en la siguiente Tabla 6. 25.

Tabla 6. 25. Estimación de la pendiente media (S) por predio.

Lote 003 (Lote 32)	Lote 008 (Lote 13)
S = 7.20 – 5.60 / 1020 = 0.002 Por lo tanto **S = 0.2%**	**S = 6.20 – 4.80 / 1330 = 0.001** Por lo tanto **S = 0.1%**

Para calcular el factor LS (el factor de grado y longitud de la pendiente), se puede utilizar la siguiente formula:

$$LS = (\lambda)m\ (0.0138 + 0.00965\ S + 0.00138\ S2)$$

Dónde:

LS = Factor de grado y longitud de la pendiente.
λ = Longitud de la pendiente
S = Pendiente media del terreno
m = Parámetro cuyo valor es 0.2

Considerando los valores de longitud de la pendiente de los predios que integran el Proyecto, la pendiente media de los terrenos y de la constante de inclinación m de 0.2, el valor del factor LS para cada predio se presenta en la siguiente Tabla 6. 26.

Tabla 6. 26. Cálculo del factor LS de los predios que integran el Proyecto.

Variable	Predio	
	Lote 003 (Lote 32)	Lote 008 (Lote 13)
λ=	1,020	1,330
S=	0.2%	0.1%
m=	0.2	0.2
LS=	**0.0552**	**0.0582**

Nota: La fórmula anterior para el cálculo del factor topográfico LS fue propuesta en el modelo predictivo de la Ecuación Universal de Pérdida de Suelo (EUPS) simplificada de Martínez-Ménez (2005) y se basa en modelos predictivos pioneros para estimar la pérdida de suelo como el de Wischmeier y Smith (1978).

Para visualizar la validez y la aplicabilidad de la formula anterior para el cálculo del factor topográfico LS, a continuación, se presenta el resultado obtenido aplicando también las fórmulas y ecuaciones de Wischmeier y Smith (1978).

FACTOR TOPOGRÁFICO LS DE WISCHMEIER Y SMITH (1978)

$$LS = \left(\frac{X}{22.13}\right)^{m} (0.065 + 0.045s + 0.0065s^2)$$

Dónde:

LS= Factor topográfico del terreno estudiado
X= Longitud de la ladera (en metros)
m= Constante que depende de la inclinación de la pendiente
s= Inclinación del terreno en porcentaje

Tabla 6. 27. Variables registradas en los predios que integran el Proyecto, para el cálculo del factor LS.

	Predio	
Variable	LOTE 003 (Lote 32)	LOTE 008 (Lote 13)
Longitud de la ladera, X (m)=	1,020	1,330
Porcentaje de inclinación de la ladera=	0.2%	0.1%
Constante de inclinación de la pendiente, m=	0.2	0.2

Sustituyendo los datos de campo en la ecuación lineal de Wischmeier y Smith (1978) anteriormente presentada se obtiene el siguiente resultado:

Tabla 6. 28. Cálculo del factor LS mediante la ecuación de Wischmeier y Smith (1978).

	Predio	
Variable	LOTE 003 (Lote 32)	LOTE 008 (Lote 13)
Factor de longitud (L)=	2.1514	2.2687
Factor de pendiente (S)=	0.0651	0.0650
LS=	0.1	0.1

Con lo anterior, queda patente la aplicabilidad y validez de la fórmula de LS utilizada por el método predictivo de EUPS) simplificada de Martínez-Ménez (2005).

6.2.2.1. Cálculo de los Escenarios de Pérdida de Suelo

Una vez calculado los diferentes factores requeridos para utilizar las ecuaciones lineales (Ec. 4.1 y 4.2) se procedió a calcular los diferentes escenarios de erosión, erosión actual, erosión potencial y erosión con medidas para cada predio que integra el Proyecto (Lote 13 y Lote 32) y, posteriormente se procedió a obtener el valor promedio de la erosión para el escenario correspondiente tal como se presenta en los siguientes apartados.

- **Estimación de la erosión potencial actual (sin proyecto y con cubierta forestal)**

Considerando que R es igual a 13,069.92, que K es igual a 0.02, que LS es igual a 0.1, que C es igual a 0.01 (referente a la presencia de vegetación nativa y suelo natural con nivel de productividad moderada) y P es igual a 1.00 (no existe en la zona obras y prácticas de protección del suelo y del agua) como fueron determinados previamente. Por lo que, para estimar la erosión anual actual (erosión natural) es necesario determinar la protección del suelo que le ofrece la cubierta vegetal y la resistencia que oponen las prácticas mecánicas (que en nuestro caso no existe actualmente, ya que no requiere de cierto modo al no tener pendientes muy inclinadas en la región) para reducir la erosión, de tal forma que si usamos la ecuación (4.1) podemos obtener

la erosión actual para cada predio que integra el Proyecto, así como su valor promedio tal y como se presenta en la Tabla 6. 29.

Tabla 6. 29. Erosión potencial actual por predio que integra el Proyecto.

Factores	Predios		Promedio	Unidades
	Lote 003 (Lote 32)	Lote 008 (Lote 13)		
R=	13,069.92	13,069.92		Mj/ha mm/hr
K=	0.02	0.02		(t./ha.MJ*ha/mm*hr)
LS=	0.0552	0.0582		ADIMENSIONAL
C=	0.01	0.01		ADIMENSIONAL
P=	1.00	1.00		ADIMENSIONAL
Ea=	0.1443	0.1521	**0.1482**	**t./ha.año**
Pérdida de lámina	0.0144	0.0152	**0.0148**	**mm**

Con base en lo anterior, se puede indicar que la pérdida de suelo actual (Ea) promedio en condiciones de campo natural a lo largo de un año, es de 0.1482 t/ha año, es decir, anualmente de manera natural se pierde una lámina de suelo de 0.0148 mm (considerando que 1 mm de suelo es igual a 10 t/ha de suelo).

Esta condición natural es clara y coherente debido que, en el predio bajo estudio, la vegetación secundaria con fase arbórea derivada de selva mediana subperennifolia actualmente ofrece condiciones de resistividad a la pérdida de suelo; siendo esta una de las principales funciones de la vegetación de la selva.

- **Estimación de la erosión esperada (con proyecto, sin vegetación y sin medidas antierosivas)**

Considerando que R es igual a 13,069.92, que K es igual a 0.02 y que LS es igual a 0.1 como fueron determinados previamente, la erosión potencial se estima sustituyendo estos valores en la ecuación (4.2). Los valores esperados con el cambio de uso de suelo en el Proyecto y sin medidas antierosivas se muestran en la Tabla 6. 30.

Tabla 6. 30. Erosión potencial por el cambio de uso de suelo y sin medidas antierosivas por predio que integra el Proyecto.

Factores	Predios		Promedio	Unidades
	Lote 003 (Lote 32)	Lote 008 (Lote 13)		
R=	13,069.92	13,069.92		Mj/ha mm/hr
K=	0.02	0.02		(t./ha.MJ*ha/mm*hr)
LS=	0.0552	0.0582		ADIMENSIONAL
Ep=	14.4337	15.2150	**14.8244**	**t./ha.año**
Pérdida de lámina	1.4434	1.5215	**1.4824**	**mm**

La erosión potencial indica que de llevarse a cabo el cambio de uso de suelo (no existir cobertura vegetal) derivado de la implementación del Proyecto (suelo desnudo) y no se tengan prácticas de conservación del suelo y del agua, se perderían 14.8244 t/ha por año de suelo, lo que significa que anualmente se pierda una lámina de suelo de 1.4824 mm (considerando que 1 mm de suelo es igual a 10 t/ha de suelo).

- **Estimación de la erosión esperada (con proyecto y medidas antierosivas)**

Al llevarse a cabo el cambio de uso de suelo y establecer un uso diferente al forestal, es importante plantear la aplicación de medidas antierosivas o medidas para la protección y conservación del suelo y el agua en el área del Proyecto. Lo anterior con la finalidad de contribuir a la protección del suelo y la captura del agua en la región.

Por lo anterior el Proyecto plantea medidas antierosivas consistentes en el establecimiento de un factor de protección de la vegetación (C) y factor de prácticas mecánicas (P), tal y como se explica a continuación.

Factor de protección de la vegetación (C). El factor de protección (C) se estima dividiendo las pérdidas de suelo de un lote o parcela con un cultivo de interés y las pérdidas de suelo de un lote desnudo. Los valores de C son menores que la unidad y en promedio indican que a medida que aumenta la cobertura del suelo el valor de C se reduce y puede alcanzar valores similares a 0. Por ejemplo, cuando existe una selva con una cobertura vegetal alta.

Los valores de (C) que se reportan para diferentes partes del mundo y para México se presentan en la siguiente Tabla 6. 30

Tabla 6. 31. Valores de C que se pueden utilizar para estimar pérdidas de suelo.

Cultivo	Nivel de Productividad.		
	Alto	Moderado	Bajo
Maíz	0.54	0.62	0.80
Maíz labranza cero	0.05	0.10	0.15
Maíz rastrojo	0.10	0.15	0.20
Algodón	0.30	0.42	0.49
Pastizal	0.004	0.01	0.10
Alfalfa	0.020	0.050	0.10
Trébol	0.025	0.050	0.10
Sorgo grano	0.43	0.55	0.70
Sorgo grano rastrojo	0.11	0.18	0.25
Soya	0.48		
Soya después de maíz con rastrojo	0.18		
Trigo	0.15	0.38	0.53
Trigo rastrojo	0.10	0.18	0.25
Bosque natural	0.001	0.01	0.10
Sabana en buenas condiciones	0.01	0.54	
Sabana sobrepastoreada	0.1	0.22	
Maíz - sorgo, Mijo	0.4 a 0.9		
Arroz	0.1 a 0.2		
Algodón, tabaco	0.5 a 0.7		
Cacahuate	0.4 a 0.8		
Palma, cacao, café	0.1 a 0.3		
Piña	0.1 a 0.3		

Para estimar la erosión del suelo considerando que en el terreno y en las áreas destinadas para tal fin, existirá después del establecimiento del Proyecto una vegetación secundaria (producto de la sucesión de la vegetación de selva mediana subperennifolia), por la reforestación con plantas nativas que se llevaría a cabo en las colindancias del área de afectación) como la que actualmente se encuentra presente; pero con un nivel de productividad baja (C= 0.10).

Asimismo, en los suelos totalmente desprovistos de vegetación y desnudos presentes dentro de las áreas de conservación del Proyecto serán elegidos como sitios para la reubicación de suelo orgánico recuperado de las áreas de cambio de uso de suelo, en donde se llevará a cabo de igual modo la labranza de conservación (los residuos triturados de la vegetación del área sometida a cambio de uso de suelo serán dispuestos sobre el suelo desnudo en las áreas elegidas para la reforestación) para de último aplicarse actividades de reforestación con plantas nativas de la región con el objetivo de coadyuvar la protección del suelo y formación de la misma en la región.

Con todo lo anteriormente propuesto es de indicarse el siguiente valor de C:

C = 0.10 Bosque natural con nivel de productividad baja

Factor de prácticas mecánicas (P). Como última alternativa para reducir la erosión de los suelos se tiene el uso de las prácticas de conservación de suelos para alcanzar pérdidas de suelo que estén por debajo de los niveles máximas permisibles en el país.

El factor P se estima comparando las pérdidas de suelo de un lote con prácticas de conservación y un lote desnudo y el valor que se obtiene varía de 0 a 1. Si el valor de P es cercano a 0, entonces hay una gran eficiencia en la obra o práctica seleccionada y si el valor es cercano a 1, entonces la eficiencia de la obra es muy baja para reducir la erosión. Los valores de P que se utilizan para diferentes prácticas y obras como el surcado al contorno, surcos con desnivel, surcos perpendiculares a la pendiente, fajas al contorno, terrazas de formación sucesiva construidas en terrenos de diferentes pendientes y las terrazas de banco, tal como se puede observar en la Tabla 6. 32.

Tabla 6. 32. Factor de P utilizado para diferentes prácticas y obras de conservación del suelo y agua.

Práctica	Valor de P
Surcado al contorno	0.75-0.90
Surcos rectos	0.80-0.95
Franjas al contorno*	0.60-0.80
Terrazas (2-7 % de pendiente)	0.50
Terrazas (7-13 % de pendiente)	0.60
Terrazas (mayor de 13 %)	0.80
Terrazas de Banco	0.10
Terrazas de Banco en contrapendiente	0.05

Es importante notar que la eficiencia que se logra con el uso de las prácticas mecánicas es menor que la que se alcanza con el uso de la vegetación y el manejo del cultivo; sin embargo, cuando se combinan el uso de la vegetación y la práctica mecánica (en caso de aplicar para la región) existe un efecto combinado. Para determinar el efecto de las prácticas de manejo y de las obras de conservación del suelo, es necesario seleccionar las prácticas de manejo de la vegetación y, como última instancia se realizarían las obras y prácticas de conservación del suelo y agua.

También es importante mencionar que las obras señaladas en la tabla de arriba no aplican en la región por una serie de particularidades entre las más importantes: la ausencia de pendientes pronunciadas y la ausencia de corrientes de agua superficial; por lo que, con base a lo anterior es de indicarse que no se realizaran ninguna de las obras arriba señaladas. Por lo que el valor de P seria la siguiente:

P = 1.00 Ninguna obra de protección y conservación del suelo y del agua

Sustituyendo los valores de C y P en la ecuación lineal (Ec. 4.1, el mismo utilizado para la ecuación actual, pero con valor de C diferente) de erosión del suelo permite tener los valores de erosión que se presentan en la Tabla 6. 33.

Tabla 6. 33. Erosión potencial por el cambio de uso de suelo y medidas antierosivas por predio que integra el Proyecto.

Factores	Predios		Promedio	Unidades
	Lote 003 (Lote 32)	Lote 008 (Lote 13)		
R=	13,069.92	13,069.92		Mj/ha mm/hr
K=	0.02	0.02		(t./ha.MJ*ha/mm*hr)
LS=	0.0552	0.0582		ADIMENSIONAL
C=	0.10	0.10		ADIMENSIONAL
P=	1.00	1.00		ADIMENSIONAL
Em=	1.4434	1.5215	**1.4824**	**t./ha.año**
Pérdida de lámina	0.1443	0.1521	**0.1482**	**mm**

Como se puede observar, en caso ***de llevarse a cabo el cambio de uso de suelo; pero con la aplicación de medidas antierosivas (aplicables en la región) para la protección y conservación del suelo y el agua se tendría un valor promedio en la pérdida de suelo anual de 1.4824 t/ha*año*** en el área del Proyecto.

Lo anterior significa que anualmente se perdería una lámina de suelo de 0.1482 mm, si consideramos que 1 mm de suelo es igual a 10 ton/ha de suelo. No obstante, la erosión que se llegará a presentar como producto del cambio de uso de suelo no será superior a la erosión máxima permisible en México, que es de 10 ton/ha año. Por lo tanto, en ningún momento estará provocando la degradación del suelo de la región por motivo del cambio de uso de suelo pretendida por el Proyecto.

A manera de resumen, en la siguiente Tabla 6. 34, se presentan los escenarios de erosión del suelo para el Proyecto.

Tabla 6. 34. Escenarios de la tasa de erosión promedio en el área de estudio por hectárea y área de CUSTF.

Escenarios	Pérdida de suelo (t/ha*año)	Pérdida de suelo (t/ 7.980514 ha*año)
Situación actual (sin proyecto)	0.1482	1.1831
Situación con proyecto y sin prácticas antierosivas	14.8244	118.3060
Situación con proyecto y prácticas antierosivas	1.4824	11.8306

Como se puede observar en el área de CUSTF de darse una erosión de suelo seria en una tasa de 11.8306 t/año que representa el 10% de la pérdida potencial del suelo en la región.

Para tener una idea de la erosión a mitigar producto del cambio de uso de suelo pretendido se procedió a calcular la diferencia neta entre la pérdida potencial y pérdida actual (118.3060-1.1831= 117.1229 t/7.980514 ha*año). El volumen de perdida de suelo a mitigar producto del cambio de uso de suelo sería de 117.1229 toneladas por año, tal y como se presenta en la Tabla 6. 35.

Tabla 6. 35. Pérdida neta del suelo por motivo del cambio de uso de suelo y volumen a mitigar.

Escenario	Pérdida de suelo (t/ha*año)	Pérdida de suelo (t/7.980514 ha*año)	
Diferencia neta de pérdida de suelo	14.6761	117.1229	**A MITIGAR**

Con base en lo anterior, se puede indicar que 117.1229 toneladas por año será el volumen a MITIGAR para que el Proyecto sea sostenible y viable ambientalmente.

No obstante, el Proyecto tiene planteado buenas prácticas ambientales (adicionales a las prácticas antierosivas) como el seguimiento de áreas de conservación con suelo natural y vegetación nativa (aunque dentro de estas se encuentran algunas áreas con suelo desnudo), recuperación del suelo en áreas de cambio de uso de suelo (7.98 ha) y su posterior reubicación en áreas reforestación (mitigación). Este material edafológico será utilizado para las actividades de reforestación que se realizarán en el área de estudio.

Es decir, no obstante, a que el Proyecto no provocará la pérdida del suelo y de no tener el valor máximo permitido de suelo (10 ton.ha.año) para algunas regiones del país (principalmente en áreas montañosas y con pendientes pronunciadas; ya que en el área de estudio se tendrá una pérdida máxima de 1.4824 ton.ha.año. Aun así, el proyecto contribuirá a la continuidad de la prestación del servicio ambiental de protección y conservación del suelo y agua de la región mediante el mantenimiento de áreas de conservación (en algunas áreas con suelo desnudo del área de conservación y corredor biológico) en donde se reubicarán el suelo recuperado del área de cambio de uso de suelo, en zonas que lo ameriten y en donde posteriormente se realizarán actividades de reforestación con plantas nativas.

La aplicación de las diferentes medidas de mitigación y antierosivas (mantenimiento de áreas de conservación con suelo y vegetación nativa, la recuperación del suelo en áreas de cambio de uso de suelo y su posterior reubicación en áreas de reforestación) PREVENDRÁN y MITIGARÁN la pérdida de 168.78 ton/año de suelo (Leptosol Rendzico-Lítico) en el predio bajo estudio, tal como se puede observar en la siguiente Tabla 6. 36.

Tabla 6. 36. Prevención de la pérdida potencial anual del suelo en el área del Proyecto.

Medidas de mitigación adicionales	Prevención de la pérdida potencial anual del suelo			
	t/ha*año	t/7.980514 ha*año	t/3.404954 ha*año	t/11.385468 ha*año
Recuperación del suelo en áreas de cambio de uso de suelo en terrenos forestales y reubicación en áreas de reforestación (mitigación)	14.8244	118.31		
Mantenimiento de áreas de conservación (mitigación)	14.8244		50.48	**168.78**

6.2.2.2. Conclusión

De acuerdo a lo antes planteado se puede indicar que la erosión natural actual en el área del proyecto (sin cambio de uso de suelo y Proyecto) es de 0.1482 ton.ha.año, la erosión potencial (con cambio de uso de suelo y sin medidas antierosivas) presenta un valor de erosión promedio de 14.8244 ton.ha.año y por último, la erosión esperada (con cambio de uso de suelo, Proyecto y medidas antierosivas para protección del suelo y del agua) presentó un valor de pérdida de suelo de tan solo 1.4824 ton.ha.año que está muy por debajo del valor máximo permitido de pérdida de suelo en el país. Asimismo, la pérdida neta del suelo del área de cambio de uso de suelo con un volumen de 117.1229 toneladas*año (118.3060-1.1831= 117.1229 t/7.980514 ha*año) queda finalmente mitigada mediante la aplicación de las diferentes medidas antierosivas y de protección del suelo y del agua. Esta mitigación en la pérdida de suelo permite el seguimiento en la protección y conservación del suelo en un volumen de 168.78 toneladas por año y, por ende, hace del Proyecto uno sostenible y viable desde el punto de vista ambiental.

Por otra parte, se debe referir que la erosión del suelo es el proceso de desgaste de la superficie terrestre como consecuencia del impacto de acciones geológicas (como las corrientes de agua o de deshielos), climáticas (como las lluvias o los vientos intensos) o por la actividad del ser humano (como la agricultura, la deforestación, expansión de las ciudades, entre otros).

Es claro que en condiciones naturales se da un proceso de arrastre y perdida de suelos, sin embargo, al realizar el proyecto se puede dar un incremento de esta pérdida en las primeras etapas, sin embargo, con la aplicación de medidas tendientes a reducir estos efectos, se reduce completamente la perdida de suelos. Por lo que para garantizar que **no se provocará la erosión de los mismos en el área sujeta a cambio de uso de suelo**, **que en este caso es de 7.98 has, se proponen acciones tales como:**

- Se realizará la colecta de tierra vegetal para utilizarla en el embolsado de las plantas en el vivero temporal y la demás resultante será incorporada a las áreas verdes del proyecto como parte de proceso de enriquecimiento del suelo.

- Se prohibirán trabajos de mantenimiento de maquinarias y equipos dentro del área del proyecto, estos deberán realizarse en talleres autorizados por la empresa subcontratada, ubicados en localidades cercanas, con el fin de prevenir posibles contaminaciones del suelo.

- El manejo de hidrocarburos se realizará siguiendo todas las precauciones necesarias para evitar que estos se derramen en el suelo, contaminándolo.

- Para evitar la defecación al aire libre se instalarán servicios sanitarios para uso obligatorio de los trabajadores, evitando así la contaminación al suelo. (a razón de 1 por cada 15 trabajadores).

- El desmonte se realizará en una sola acción, pero de manera de manera paulatina, conforme el avance de las obras, para evitar la exposición prolongada de las superficies, y aminorar la dispersión de partículas de polvo por el viento y el agua.

- Los residuos sólidos que se generen durante las diferentes etapas del proyecto serán manejados por empresas particulares contratadas para tal fin.

- Los residuos sólidos producto de la etapa de preparación del sitio que se genere por los trabajadores como cartón, latería, pet etc., serán colectados, destinados con un colector autorizado y/o transportados fuera del área del proyecto, éstos se depositarán en los centros de acopio municipales o en los lugares que para tal fin designen las autoridades.

- Se instalará letreros alusivos a prohibir el uso del fuego dentro del área del proyecto.

De esta manera se confirma, que el proceso de cambio de uso del suelo no provocara la erosión de éste para el área del Proyecto, como se señala en el artículo 93 de la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable, ya que se promueven medidas de mitigación (para mayor detalle ver Capítulo 7), para garantizar que no se vea afectado de manera dolosa.

6.2.3. No Se Provocará el Deterioro de la Calidad del Agua o la Disminución en su Captación

De acuerdo a los estudios hidrológicos del estado (INEGI, 2002) y la Comisión Nacional del Agua, la zona correspondiente a la Región Hidrológica 32, Cuenca 32A (subcuenca d), se caracteriza por tener precipitaciones promedio del orden de los 1300 mm anuales, así como por la inexistencia de corrientes superficiales debido a la naturaleza calcárea del terreno que presenta una mejor permeabilidad y el relieve del mismo que es sensiblemente plano (0-2.5%), considerándola como poco significativa.

Al no poderse desarrollar las corrientes superficiales, la porción del agua de precipitación que resta a la evapotranspiración (que es absorbida por las plantas y suelos) satura el terreno, colma el bajo relieve y se infiltra en el subsuelo, dando origen a las aguas subterráneas.

El área del Proyecto se localiza en una región cárstica de calizas o dolomitas que tienen drenaje subterráneo debido a la disolución de la roca. Las condiciones geológicas con la precipitación actúan en conjunto con la disolución de la roca caliza causado por el agua a través de la red de drenaje subterráneo y que ha creado de esta manera un paisaje cárstico típico de ríos subterráneos.

Estos procesos determinan que en la región no existan ríos superficiales y que todo el drenaje sea subterráneo, dirigiéndose desde los sitios de recarga (desde el centro de la región peninsular) hacia la descarga litoral de manera prácticamente radial.

De esta manera el drenaje subterráneo constituye una red que funciona de manera directamente proporcional a la magnitud de la precipitación que ocurre en las diversas temporadas climáticas, por otra parte, la hidrología superficial del Proyecto a simple vista no se aprecia debido a que el agua de lluvia que cae en la temporada se infiltra al subsuelo favoreciendo el establecimiento de la vegetación natural.

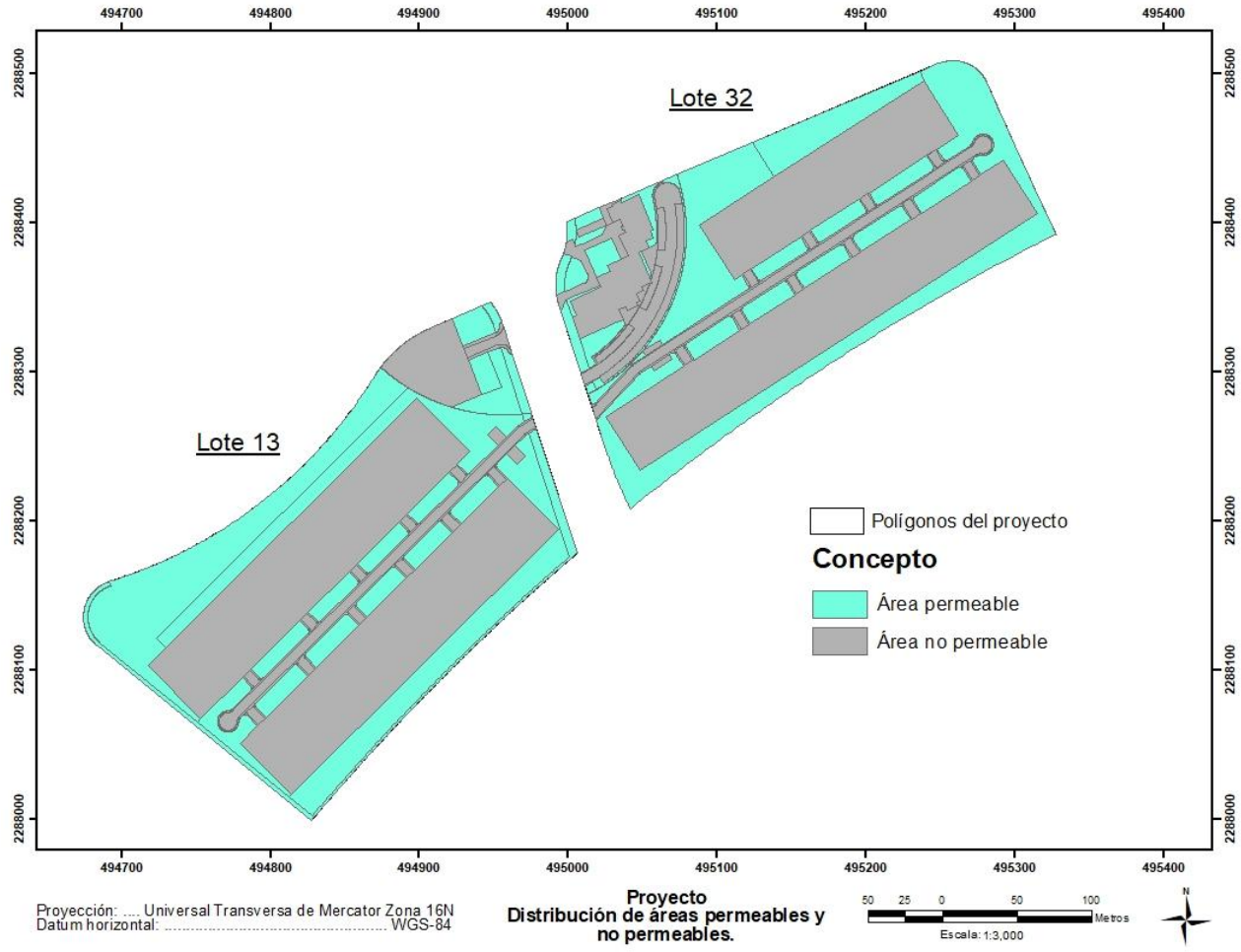
De acuerdo al Programa Municipal de Desarrollo Urbano de Solidaridad 2010-2050, se considera que el municipio ubicado dentro de la Cuenca 32A cuenta con una superficie de 2’128,054.31 m^2 (212,805.45 ha), así mismo y de acuerdo con la caracterización municipal se distribuyen distintos tipos de vegetación.

De acuerdo con los datos señalados y tomando en consideración únicamente los ecosistemas de selva mediana subperennifolia y la vegetación secundaria derivada de la misma, se registra que para el municipio estos ambientes alcanzan cobertura en una superficie combinada de 203,464.44 ha. Asimismo, estas zonas se encuentran cubiertas de vegetación natural, lo que facilita que el agua de lluvia se percole libremente, contribuyendo a la formación y recuperación del acuífero.

En este sentido, el proyecto afectará 7.98 Ha, lo que representa tan solo un 0.003% de la superficie total cubierta por vegetación selvática que favorece la captación y percolación del agua de lluvia en el municipio. Asimismo, el Proyecto mantendrá una cobertura vegetal natural o de conservación del orden de los 2.66 ha (25%) que quedará en pie formando parte del mismo, a esta cobertura natural se suma la que conforman los corredores biológicos establecidos desde el Plan Maestro del macroproyecto autorizado Ciudad Mayakoba.

Adicionalmente, no toda la superficie que se solicita como cambio de uso de suelo será aprovechada ya que el proyecto contará con áreas permeables (41.28% de la superficie) tal y como se muestra en la siguiente Figura 6. 8.

Figura 6. 8. Distribución en el Proyecto de las áreas permeables y no permeables.



No obstante, lo anterior, se considera pertinente llevar a cabo una valoración de los precoces de infiltración, por lo que en el presente apartado se presentan los resultados obtenidos del estudio de infiltración realizado para el proyecto. El estudio en extenso puede ser consultado en el Anexo 6.1.

Metodología

Para la estimación del volumen de infiltración del agua en el área de estudio se utilizó la siguiente ecuación lineal:

$$Infiltración = (P - ETR)\ At - Ve$$

Dónde:

P= Precipitación (m^3/m^2/año)
ETR= Evapotranspiración (m^3/m^2/año)
Ve= Volumen de escurrimiento (m^3/año)
At= Área de la parcela de estudio (m^2)

Variables para el cálculo de infiltración

Precipitación

La precipitación es cualquier forma de humedad que llega a la superficie terrestre, ya sea lluvia, nieve, granizo, niebla, rocío, etc. (Bateman, 2007). Para obtener los datos climatológicos de precipitación y temperatura del Proyecto se requirió consultar la base de datos de la estación meteorológica 00023163 Playa del Carmen con un periodo de observaciones de 1951-2010, que es la más cercana al área de estudio.

Evapotranspiración (ETR)

Se denomina evapotranspiración al conjunto de pérdidas físicas (evaporación) y biológicas (transpiración de las plantas) del suelo en vapor de agua. Se expresa en mm por unidad de tiempo. Depende de factores de orden climático (radiación, humedad del aire, viento), relativos a las plantas (cubierta vegetal) y edáficos (tipo de suelo, estado de humedad del suelo); por lo que, es conveniente distinguir entre evapotranspiración efectiva (cantidad de agua realmente trasferida a la atmosfera) y evapotranspiración potencial (cantidad máxima, teórica, de agua que puede evaporarse desde un suelo completamente cubierto de vegetación y constantemente abastecido de agua). En relación con las precipitaciones recogidas, la evotranspiración potencial (ETP) se usa como un indicador de humedad o aridez climática[12].

Para el cálculo de la EVAPOTRANSPIRACIÓN (ETR) se utilizó el método de Thornthwaite. Los cálculos de Thornthwaite (1948) están basados en la determinación de la evapotranspiración en función de la temperatura media, con una corrección en función de la duración astronómica del día y el número de días del mes. El método es muy empleado en hidrología y en la estimación del balance hídrico para climatología e hidrología de cuencas (Almorox-Alonso, 2007).

Este método calcula el uso consuntivo mensual como una función de las temperaturas medias mensuales mediante las siguientes fórmulas:

Método de Thornthwaite

$$ETP = 16[10(\frac{T}{I})]\alpha$$

Dónde:

ETP= Evapotranspiración potencial (mm)
T= Temperatura media (°C)
I= Índice de calor
$\alpha=0.000000675\ I^3 - 0.0000771\ I^2 + 0.01792\ I + 0.49239$

El índice de calor se calcula a través de la siguiente ecuación:

$$\mathrm{I} = \sum_{J=1}^{12} ij$$

[12] http://www.ign.es/espmap/mapas_clima_bach/pdf/Clima_Mapa_08texto_corregido.pdf

Dónde:
$i = (T/5)^{1.514}$

Volumen de Escurrimiento

El valor del VOLUMEN DE ESCURRIMIENTO (Ve) se calculó mediante la utilización de la siguiente formula:

$$Ve = (P)\ (At)(Ce)$$

Dónde:

Ve= Volumen medio anual de escurrimiento (m^3)
P= Precipitación anual (m^3)
Ce= Coeficiente de escurrimiento anual
At= Área total para el drenaje del suelo o parcela de estudio (m^2)

Una vez con los datos de los parámetros necesarios para el cálculo de la infiltración en el área de estudio se procedió a aplicar la ecuación lineal presentada al inicio, cuyos resultados más importantes se presenta a continuación.

Resultados

De acuerdo con el algoritmo para estimar la evapotranspiración se deben obtener las temperaturas medias mensuales que se obtuvieron los registros de temperatura capturados por la estación meteorológica de Playa del Carmen, a partir de las cuales se habrá de calcular el índice de calor, cuyo resultado se puede observarse en la siguiente Tabla 6. 37.

Tabla 6. 37. Temperatura media mensual y cálculo del índice de calor (I) para el Proyecto.

Mes	Temperatura media	Índice de calor
ENERO	22.8	9.9466
FEBRERO	23.4	10.3455
MARZO	24.3	10.9539
ABRIL	26.1	12.2054
MAYO	27.3	13.0650
JUNIO	27.9	13.5022
JULIO	28.0	13.5755
AGOSTO	28.0	13.5755
SEPTIEMBRE	27.9	13.5022
OCTUBRE	26.3	12.3473
NOVIEMBRE	24.4	11.0222
DICIEMBRE	23.4	10.3455
Anual	**25.8**	**144.3868**

Los valores de la constante α, se derivan del algoritmo:

$$\alpha = 0.000000675\ I3 - 0.0000771\ I2 + 0.01792\ I + 0.49239$$

Así:

$$\alpha = 0.000000675\ (2.0318255) - 0.0000771\ (1.6073463) + 0.01792\ (144.3868)\ I + 0.49239$$

Por lo tanto:

$$\alpha = 3.5042809$$

Una vez obtenidas y aplicadas las variables anteriores se pueden obtener el valor de ETR, por lo que en la siguiente Tabla 6. 38, se presentan las estimaciones de la evotranspiración.

Tabla 6. 38. Estimación de la evapotranspiración.

Meses	Temperatura media mensual	Índice de calor mensual	α	ETR sin corregir
Enero	22.8	9.95	3.5	25.64
Febrero	23.4	10.35	3.5	28.08
Marzo	24.3	10.95	3.5	32.03
Abril	26.1	12.21	3.5	41.13
Mayo	27.3	13.07	3.5	48.14
Junio	27.9	13.50	3.5	51.95
Julio	28.0	13.58	3.5	52.60
Agosto	28.0	13.58	3.5	52.60
Septiembre	27.9	13.50	3.5	51.95
Octubre	26.3	12.35	3.5	42.25
Noviembre	24.4	11.02	3.5	32.49
Diciembre	23.4	10.35	3.5	28.07
Anual	**25.8**	**144.39**	**3.5**	**486.91**

Por lo tanto:

ETR = 486.91 mm = 0.48 m3

El resultado del cálculo del VOLUMEN DE ESCURRIMIENTO (Ve) indica lo siguiente:

Los valores del Coeficiente de escurrimiento utilizados para el presente estudio fueron de Ce= 0.30 para las áreas actualmente forestales con cobertura de vegetación secundaria derivada de selva mediana subperennifolia y suelo Leptosol Rendzinico-Lítico con textura media y plana; mientras, que para las cubiertas superficiales que se tendrán en el área de CUSTF (áreas selladas con pavimento y concreto) tendrán un valor de Ce= 0.65, tal como se presenta en la siguiente Tabla 6. 39.

Tabla 6. 39. Coeficientes de escurrimiento (Ce) de diferentes materiales en el área de captación.

Uso del suelo y pendiente del terreno	Textura del suelo		
	Gruesa	Media	Fina
Bosque			
Plano (0-5% pendiente)	0.10	0.30	0.40
Ondulado (6-10% pendiente)	0.25	0.35	0.50
Escarpado (11-30% pendiente)	0.30	0.50	0.60
Pastizales			
Plano (0-5% pendiente)	0.10	0.30	0.40
Ondulado (6-10% pendiente)	0.16	0.36	0.55
Escarpado (11-30% pendiente)	0.22	0.42	0.60
Terrenos cultivados			
Plano (0-5% pendiente)	0.30	0.50	0.60
Ondulado (6-10% pendiente)	0.40	0.60	0.70
Escarpado (11-30% pendiente)	0.52	0.72	0.82
Cubiertas superficiales			
Concreto	0.6-0.8		

Uso del suelo y pendiente del terreno	Textura del suelo		
	Gruesa	Media	Fina
Pavimento	0.5-0.6		
Geomembrana de PVC	0.85-0.90		
Azotea			
Azulejos, teja	0.8-0.9		
Hojas de metal acanaladas	0.7-0.9		
Orgánicos (hojas con barro)	<0.2		
Captación en tierra			
Suelo con pendientes menores al 10%	0.0-0.3		
Superficies naturales rocosas	0.2-0.5		

Como se puede notar, para este caso, se utilizaron dos Coeficientes de escurrimiento (Ce): cuando el suelo se encuentra cubierto por vegetación forestal de selva mediana subperennifolia, pendiente plano de 0.1% y suelo con textura media (0.30). Cuando se recubre dicha superficie con pavimento y concreto por las obras tales, como de caminos y obras civiles del proyecto pretendido (0.65).

De todos los datos anteriormente presentados se obtuvieron las siguientes variables importantes para el cálculo del Ve:

P= 1,331.2 mm (1.3312 m3)
Ce= 0.30 (Áreas forestales con suelo de textura media y plana)
Ce= 0.65 (Suelo sellado con Pavimento y Concreto)
At= 79,805.14 m2

Las variables anteriores sirvieron para el cálculo del volumen de escurrimiento (Ve) en el área de CUSTF aplicando la siguiente formula:

$$Ve = (P)\ (At)(Ce)$$

De todos los datos anteriormente presentados se obtuvieron las siguientes variables importantes para el cálculo del Ve:

- Áreas naturales

Ve = (1.3312) (79,805.14) (0.30)

Ve = 31,870.98

- Suelo sellado con pavimento y concreto

Ve = (1.3312) (79,805.14) (0.65)

Ve = 69,053.59

Los resultados de la aplicación de la formula anterior se encuentran en la siguiente Tabla 6. 40.

Tabla 6. 40. Volumen medio anual de escurrimiento (m^3) en área de CUSTF antes del Proyecto y después del establecimiento del Proyecto.

Condición	Volumen medio anual de escurrimiento (m^3)
ÁREA PRETENDIDA PARA EL CUSTF (FORESTAL ANTES DEL PROYECTO)	31,870.98
ÁREA SOMETIDA A CUSTF (OBRAS DE PAVIMENTO Y CONCRETO DESPUÉS DEL PROYECTO)	69,053.79

De acuerdo con lo anterior, se plantean los escenarios que se presentarían en las infiltraciones en el área pretendida para el CUSTF bajo el escenario sin el Proyecto y con el Proyecto sin tomar en cuenta las medidas de protección y conservación del agua, tal como se puede en la siguiente Tabla 6. 41.

Tabla 6. 41. Escenarios de la Infiltración actual en el área de CUSTF pretendida (sin Proyecto) y con el Proyecto (con CUSTF y establecimiento de obras de pavimento y concreto).

Parámetros			Infiltración (m^3/año)		
			Sin Proyecto	Con Proyecto	Diferencia neta
P	1.3312	m^3/m^2/año	31,870.98	69,053.79	**37,182.81**
ETR	0.48	m^3/m^2/año			
At	79,805.14	m^2			
Ve (Área forestal)	31,870.98	m^3			
Ve (Suelo sellado con pavimento y concreto)	69,053.79	m^3			

La diferencia neta entre el volumen de infiltración con cobertura vegetal forestal (sin Proyecto) y con suelo sellado con pavimento y concreto (con Proyecto y sin medidas de protección y conservación del agua) es de 37,182.81 m^3/año. Este último volumen representaría la pérdida neta de agua que se estaría dejando de percibir por motivo del CUSTF y sellamiento del suelo con obras de pavimento y concreto. Asimismo, este sería el volumen que SE TIENE QUE MITIGAR con la finalidad de hacer del proyecto sustentable y viable ambientalmente. No obstante, lo anterior, se deberán tomar en consideración lo siguiente:

De acuerdo con el DOF (2013), la zona de interés queda incluida dentro del denominado “acuífero Península de Yucatán, clave 3105”, mismo que “se localiza en la porción sureste de los Estados Unidos Mexicanos, abarca una superficie de 124,409 kilómetros cuadrados, comprendiendo totalmente al estado de Yucatán y casi la totalidad de los estados de Campeche y Quintana Roo, con excepción de la porción sur-centro de la Península, que corresponde a los acuíferos Cerros y Valles del estado de Quintana Roo y Xpujil, del estado de Campeche”.

Figura 6.9. El acuífero Península de Yucatán comprende los 3 estados que conforman la región peninsular.



Los registros de la disponibilidad media anual de aguas subterráneas para este acuífero se muestran en la Tabla 6. 42.

Tabla 6. 42. Disponibilidad media anual de aguas subterránea en el acuífero Península de Yucatán. Cifras en millones de metros cúbicos anuales

VE	ACUFERO	R	DNCOM	VCAS	VEXTET	DAS	DEFICIT
3105	Península de Yucatán	21,813.4	14,542.2	2,265.595234	1,313.3	5,005.604766	0.000000

Los valores indican que este acuífero tiene una recarga total del acuífero es de 21,830.4 millones de metros cúbicos anuales, integrada por 1,462.29 millones de metros cúbicos anuales de entradas por flujo subterráneo y 20,350.85 millones de metros cúbicos anuales por recarga vertical proveniente del agua de lluvia. La salida subterránea hacia el mar se estimó en 19,121.2 millones de metros cúbicos anuales, la descarga hacia el Río Hondo se estima en 1,395.9 millones de metros cúbicos anuales y la extracción de agua subterránea es de 1,313.3 millones de metros cúbicos anuales. El cambio de almacenamiento del acuífero es nulo.

Además, estas cifras indican “que existe volumen disponible para otorgar nuevas concesiones o incrementar el volumen de las ya existentes”. Por otra parte, hacia la zona de interés, este acuífero presenta un flujo subterráneo hace el este, es decir, desde la zona centro de la Península hacia el mar Caribe.

En atención a este concepto, se espera poder llevar a cabo el CUSTF en una superficie de 7.98 ha, dentro de la zona urbana de Playa del Carmen. Lo que en primera instancia parecería indicar que se pudiera afectar la capacidad de captación de agua en la zona donde se ubica el Proyecto. No obstante, se considera que estos efectos no serán del todo significativos, además de que el impacto será en un área puntual con respecto a la región, misma que se encuentra influenciada desde hace muchos años por el desarrollo urbano y turístico.

Además, toda esta zona se ubica aguas abajo de la subcuenca hidrológica y en un espacio donde no se lleva a cabo la extracción de agua, por lo que aquellos volúmenes que se puedan captar en el sitio (106,236.60 m^3/anuales), serán dispuestos a través de la evapotranspiración (72%) y lo que se logre infiltrar (28%), se habrá de mezclar con el resto de las aguas subterránea que

desciende desde las partes altas de la cuenca (desde la zona centro de la península de Yucatán) y continuar un curso al este, para perderse en los humedales costeros y en las aguas del mar Caribe; ambos ubicados a tan solo unos 4 km al este. Por lo que se deben de tomar en consideración los siguientes factores:

a) Aguas arriba de la zona de interés y a una distancia mayor a los 30 km, se lleva a cabo mayormente el uso de suelo propio para el desarrollo de la vida natural, es por ello que las condiciones para la infiltración del agua de lluvia en el ámbito regional, prácticamente no han sido modificadas previamente a la planeación del Proyecto.

b) Aguas abajo de la zona de interés se lleva a cabo un intenso uso de suelo con fines urbanos y turístico, por lo que se ha edificado varios conceptos habitacionales, hoteleros y deportivos. En este caso, se considera que las condiciones para la infiltración del agua de lluvia, han sido modificadas únicamente en sitios puntuales y previos al desarrollo del Proyecto. No obstante, en estas áreas se llevan a cabo actividades donde se permite la infiltración del agua. Asimismo, se cuenta con techumbres y vialidades de acceso, donde se canaliza el agua de lluvia hacia las áreas naturales, por lo que nunca se han favorecido condiciones de sequía y menos aquellas referidas a procesos de desertificación.

c) Además, y como se ha referido, la zona del Proyecto se ubica a una distancia muy próxima del mar Caribe, por lo que todas las aguas que finalmente no se aprovechan habrán de drenar libremente y de manera subterránea hasta disponerse y perderse de manera definitiva en las aguas del mar. Al respecto, se debe mencionar de manera adicional que, por la cercanía con el mar, el agua subterránea (en especial la que se ubica al oriente de la carretera federal 307) tiene una fuerte manifestación salina (debido a la intrusión salina) y no es apta para consumo humano, sin que antes sea sometida a algún tipo de tratamiento.

d) En este mismo sentido, el Proyecto afectará únicamente 7.98 ha de terreno natural, lo que representa tan solo un 0.003% de la superficie total que favorece la captación y percolación del agua de lluvia en el municipio de Solidaridad. En este sentido, se debe citar que considerado únicamente el área cubierta de Selva Mediana subperennifolia y la de Vegetación secundaria en sus diferentes variantes en el municipio de Solidaridad (Tabla 6. 43), se alcanza una cobertura combinada de 203,464.44 ha (PDU de Playa del Carmen 2010-2050).

Tabla 6. 43. Tipos de vegetación en el municipio de Solidaridad. Fuente: Programa Municipal de Desarrollo Urbano de Solidaridad 2010-2050.

Uso de suelo y vegetación	Área en m²	Hectáreas	% municipal
1) Selva Mediana subperennifolia	1,245,868,591.44	124,586.86	58.54
2) Vegetación secundaria derivada de Selva mediana subperennifolia	498,629,901.97	49,862.99	23.43
3) Vegetación secundaria derivada de Selva mediana subperennifolia con agricultura nómada (hubches)	290,145,945.79	29,014.59	13.63
4) Sin vegetación aparente	48,442,198.38	4,844.22	2.28
5) Sabana	19,481,953.83	1,948.20	0.92
6) Manglar	15,542,158.96	1,554.22	0.73
7) Selva Baja Subcaducifolia	6,683,821.75	668.38	0.31
8) Vegetación halófila	2,243,711.69	224.37	0.11
9) Cuerpo de agua	1,016,226.51	101.62	0.05
Total	**2,128,054,510.31**	**212,805.45**	**100**

e) De acuerdo con estos valores, en las zonas selváticas ubicadas aguas arriba del Proyecto se realiza la captación de un volumen anual de 2,710.3 millones de metros cúbicos de agua de lluvia. Además, y por concepto del CUSTF en una superficie de 7.98 ha, se espera que se dé la modificación de un espacio donde se recibe un aporte de tan solo 0.10 Mm^3/anuales, éste refiere tan solo una reducción en el volumen que se capta la zona cubierta de vegetación de selva y sus variantes del 0.003%.

f) Por otra parte. el volumen de 0.10 Mm^3/anuales que corresponde con la captación dentro del área de CUSTF que se solicita, de ninguna manera se habrá de perder, porqué el Proyecto contempla la captación de aguas pluviales mediante la construcción de pozos de absorción en las vialidades y conducirlas al subsuelo, los que considerarán lo establecido en la Norma Oficial Mexicana NOM-015-CONAGUA-2007. (DOF del 18 de agosto de 2009), la NOM-003-CNA-1996 (DOF del 3 de febrero de 1997) y la NOM-004-CNA-1996 (DOF del 3 de febrero y 8 de agosto de 1997). Además de la captación de lluvia que se hará en las áreas verdes y de conservación consideradas por el Proyecto.

g) De manera adicional y con el objeto de ser más precisos sobre la captación de agua en la zona y de acuerdo a la información proporcionada por el INEGI (2002) y la estación meteorológica más cercana al Proyecto (Playa del Carmen), se reconoce que en la zona se presenta precipitaciones del orden de los 1,331.2 mm anuales, lo que representa para el predio de 11.94 ha del Proyecto un volumen de orden de 158,959.352 m^3/anuales. Asimismo, se debe considerar que en la zona se manifiesta una topógrafa de tipo ondulado a sensiblemente plana, por lo que no existen corrientes superficiales de agua a través de los cuales estos flujos se pudieran perder mediante grandes avenidas sobre todo en la temporada lluviosa del año. Además, y debido a la naturaleza calcárea del terreno se presenta una alta permeabilidad.

h) Al no poderse desarrollar las corrientes superficiales, la porción del agua que se precipitación en la zona es absorbida y evapotranspirada por las plantas y los suelos, mientras que el resto satura el terreno, colma el bajo relieve y se infiltra en el subsuelo, dando origen a las aguas subterráneas. Por lo anterior, se consideró oportuno efectuar el cálculo de la infiltración del agua para la zona de interés.

i) Finalmente, y como se ha referido, el Proyecto evitará la contaminación del manto freático mediante el manejo adecuado de los residuos sólidos y líquidos, por lo que todos los desechos serán enviados al sitio que la autoridad competente destine para ello (ver Capítulo 7). Asimismo, en la etapa de operación y mantenimiento el Proyecto se conectará al sistema de drenaje sanitario que se inserta al interior del macroproyecto Ciudad Mayakoba.

6.2.3.1. Conclusiones

De acuerdo con los datos señalados y tomando en consideración únicamente los ecosistemas de Selva Mediana subperennifolia y la Vegetación secundaria derivada de la misma, se registra que para el municipio estos ambientes alcanzan cobertura en una superficie combinada de 174,449.85 has. Asimismo, estas zonas se encuentran cubiertas de vegetación natural, lo que facilita que el agua de lluvia se percole libremente, contribuyendo a la formación y recuperación del acuífero.

En este sentido, el proyecto afectará 7.98 hectáreas, lo que representa tan solo un 0.00004574953% de la superficie total que favorece la captación y percolación del agua de lluvia en el municipio. Además, el proyecto mantendrá una cobertura vegetal natural o de conservación del orden de los 2.66 has que quedarán en pie formando parte del proyecto.

La remoción de la vegetación en el área sujeta a cambio de uso de suelo **no afectará la capacidad de captación ni se provocará la disminución de la misma**, en la zona donde se ubica el Proyecto de interés. En este caso, los efectos en la captación de agua no son considerados significativos, ya que el impacto será en un área puntual con respecto a la región, misma que se encuentra influenciada desde hace muchos años por los desarrollos turísticos ubicados en la Riviera Maya y el crecimiento de la ciudad de Playa del Carmen. **Sin embargo, se realizarán acciones tales como:**

- Evitar las descargas sanitarias al subsuelo mediante la contratación de sanitarios portátiles para uso obligatorio de los trabajadores a razón de uno por cada 15 trabajadores.

- De tener la posibilidad de almacenamiento de combustible en la zona del proyecto durante la etapa de preparación del sitio, este será a base de contenedores bajo condiciones adecuadas para evitar en la medida de lo posible un derrame.

- Se mantendrá un programa de limpieza periódica del sitio de obra.

Además, el Proyecto considera la captación de aguas pluviales mediante la construcción de pozos de absorción en las vialidades y conducirlas al subsuelo, los que considerarán lo establecido en la Norma Oficial Mexicana NOM-015-CONAGUA-2007. (DOF del 18 de agosto de 2009), la NOM-003-CNA-1996 (DOF del 3 de febrero de 1997) y la NOM-004-CNA-1996 (DOF del 3 de febrero y 8 de agosto de 1997). Además de la captación de lluvia que se hará en las áreas verdes y de conservación consideradas por el Proyecto

Con referencia a la calidad del agua en la zona, se considera que, por el desarrollo del proyecto, ésta no se verá afectada debido a los factores siguientes:

De acuerdo con el balance hidrológico del estado de Quintana Roo, existe gran disponibilidad de agua subterránea por lo que ésta alcanza un volumen disponible de alrededor de los 3,256 Mm3. De este valor tan solo se utiliza cerca de los 423 Mm3, lo que corresponde con un 13% del total de agua disponible (González-Canto, 2006). Asimismo, y de acuerdo con la CONAGUA (2011), se reconoce que el acuífero de la Península de Yucatán se mantiene una excelente calidad del agua, lo cual está basado en el análisis de 3 parámetros principales:

- Demanda Química de Oxígeno (DBO_5),

- Demanda Química de Oxígeno (DQO) y

- Sólidos Suspendidos Totales (SST).

No obstante, lo anterior, los retos a los cuales se enfrentan los organismos administradores del agua indican que se deberá evitar la modificación de la calidad del agua del acuífero ya que es altamente vulnerable a la contaminación antropogénica, por la alta capacidad de infiltración que se registra en el subsuelo. Además de que se debe mantener una explotación controlada que evite la contaminación del acuífero por la intrusión salina, derivado del limitado espesor del acuífero. En este sentido, en el desarrollo del proyecto se deberá considerar:

- De acuerdo con el manual de *Operación y mantenimiento de pozos profundos para acueductos* (1999)[13], se considera que la distancia mínima que debe existir entre un pozo de extracción y una letrina, un tanque séptico o un pozo de absorción es de 50 m. Asimismo, la distancia mínima que debe existir con un relleno sanitario, basurero, un tanque enterrado con tóxicos es de 500 m. En cuanto al manejo de aguas residuales se cuenta con la Planta de Tratamiento Sastun ja (operada por la Comisión de Agua Potable y Alcantarillado) se ubica a 7 km al suroeste, misma que da el manejo adecuado de los efluentes que se generan desde los conceptos habitacionales que existen en la zona; mientras que el relleno sanitario se ubica a 13 km al noroeste. Por lo que en la zona de alguna manera se considera que se lleva a cabo el uso de suelo propio para el desarrollo de la vida natural, Es por ello que las condiciones para la infiltración y la buena calidad del agua de lluvia, prácticamente no han sido modificadas previamente a la planeación del proyecto.

- En relación al proyecto que se propone y para evitar al máximo las situaciones que pudieran ser fuente de contaminación de las aguas subterráneas durante la etapa de preparación del sitio (que es cuando se llevará a cabo el CUSTF), se habrá de llevar a cabo la disposición adecuada de las aguas residuales generadas por los trabajadores de obra. Por ello se contará con sanitarios portátiles a razón de 1 por cada 15 trabajadores, mismos que requerirán de labores de mantenimiento; además de realizar de manera adecuada la disposición final de dichas aguas. Este servicio se llevará a cabo a través de una empresa especializada en la limpieza de estos equipos.

- Asimismo, en el desarrollo de las actividades de CUSTF se habrá de generar residuos sólidos urbanos, lo que refiere desechos orgánicos, producto de alimentos de los trabajadores; como son: sobrantes de alimentos, envolturas de papel. cartón, etc. Así como inorgánicos; como son: latas (aluminio y acero), vidrio, plástico, etc. Por lo que se deberá aplicar un procedimiento de manejo adecuado a fin de evitar la generación de lixiviados de los mismos y con ello la promoción de la contaminación del suelo y del agua. Por lo que se colocarán el número de depósitos de basura que se requieran, los cuales estarán rotulados de acuerdo a su propósito y favorecer con ello su separación y reciclamiento. Al respecto se debe referir que la promovente deberá tramitar y obtener la anuencia de la Secretaría de Ecología y Medio Ambiente (SEMA), para desarrollar su propio programa de manejo de los residuos y de aquellos de manejo especial.

- De manera complementaria, se deberá supervisar que se lleve a cabo el mantenimiento periódico de la maquinaria y vehículos, con el fin de evitar accidentes al tiempo de operación dentro del predio del proyecto y que pudieran corresponder con el derrame de combustible, grasas, aceites, acumuladores, etc. Se debe de espera que estas acciones se realicen fuera de la zona donde se llevará a cabo el cambio de uso del suelo, es decir, en talleres especializados la mayoría de los cuales se ubica en la propia ciudad de Playa del Carmen y de alguna manera garantizar el manejo adecuado de las piezas mecánicas, aceites, grasas, etc.

- Adicionalmente, para llevar a cabo el CUSTF no se requiere de efectuar ningún tipo de excavación o alumbramiento del acuífero, por lo que no existirá ninguna situación que favorezca la percolación directa o indirecta de contaminantes al subsuelo y manto freático de la zona.

[13] http://repositorio.sena.edu.co/sitios/calidad_del_agua/operacion_pozos/index.html#

- Por otra parte, y en caso de algún derrame accidental de cualquier producto contaminante, rápidamente se deberá retirar del sitio, se colocarán materiales absorbentes y se deberá retirar todo el sustrato que pudiera estar contaminado. Además, a todos estos desechos se les debe dar tratamiento como residuos peligrosos, por lo que se confinarán en depósitos que cuenten con tapa, señalamientos adecuados, así como un lugar específico para su almacenamiento temporal. Su disposición final será con alguna de las empresas autorizadas que operan en la localidad.

- De manera adicional, es importante señalar que durante las etapas de construcción y operación del proyecto se habrá de conservar una superficie de 2.66 ha del conjunto de predios, misma que habrá de preservar su cubertura de vegetación natural de selva mediana con desarrollo secundario. Situación que contribuirá a la continuidad en la recarga natural del acuífero, lo que habrá de favorecer las condiciones existentes actualmente y que permiten la existencia de un agua subterránea apta para el consumo humano o animal.

Haciendo un énfasis **en relación a la modificación de la calidad del agua, se considera que, por el desarrollo del Proyecto, este servicio no se verá afectado negativamente**. Por lo que, mediante el adecuado seguimiento y la continuidad de las acciones referidas, se podrá garantizar la continuidad de la infiltración del agua y su proceso de purificación natural en su recorrido por el subsuelo hasta integrarse al manto freático.

6.2.4. La Disminución en la Capacidad de Almacenamiento de Carbono en las Áreas Afectadas por la Remoción de la Vegetación se Mitiga

En nuestro país las principales fuentes de emisiones de gases de efecto invernadero son el sector de energía, por el uso de combustible fósiles (Gay y Martínez, 1995), el cambio en el uso del suelo y los procesos de la industria del cemento. El panel intergubernamental sobre el cambio climático IPCC (1995), estimó que las emisiones de México contribuyen con el 14.5% de las emisiones totales de carbono que se dan en nuestro planeta cada año. Autores como Schneider (1989), Lashof y Ahuja (1994) y Dixon et al., (1994) afirman que el dióxido de carbono (CO2) es uno de los gases de efecto invernadero más importante.

Por esta situación, la captura de carbono juega un papel fundamental en el proceso de mitigación del cambio climático global, pero la captura sólo es posible con la ayuda de la vegetación arbórea ya que los bosques y selvas capturan y almacenan carbono como resultado de los procesos fotosintéticos, de respiración y de degradación de materia seca. El saldo es una captura neta positiva cuyo monto depende del manejo que se le dé a la cobertura vegetal, así como de la edad, distribución de tamaños, estructura y composición arbórea de ésta.

La captura de carbono es considerada como un servicio ambiental que refiere a la captación y su almacenamiento a través de la vegetación, por medio del proceso biológico de la fotosíntesis y la formación de tejidos vegetales. De esta manera, los árboles absorben el CO2 atmosférico junto con elementos del suelo y aire, por lo que el volumen que el árbol capture durante su ciclo de vida, se verá representado en la biomasa que logre acumular traducida está en la formación de madera. En este sentido, se considera que aproximadamente del 42% al 50% de la biomasa de un árbol es carbono (materiales secos). Por lo tanto, habrá una captura de carbono neta únicamente mientras el árbol se desarrolla para alcanzar madurez. Cuando el árbol muera, habrá de emitir al entorno la misma cantidad de carbono que capturó, si el mismo es quemado se enviará a la atmósfera, si cae al suelo y se desintegra se incorporara al suelo. Un bosque en plena madurez aporta finalmente la misma cantidad de carbono que captura.

Estimar la biomasa área y de las raíces y el carbono total almacenado (aéreo y de las raíces) en el proyecto denominado “Rotonda”, que se encuentra ubicado en el municipio de Playa del Carmen, Quintana Roo.

Resultados

En el cuadro se observan Los promedios de las variables dasométricas para las especies presentes en el predio “Rotonda”, municipio de Playa del Carrmen, Quintana Roo, así como las existencias del número de árboles, área basal y distribución de volúmenes, biomasa y carbono por especie y extrapolados a unidad de superficie (ha). Por otra parte, se estiman los límites de confianza de las variables extrapoladas a hectárea de las variables de interés.

El volumen del predio es de 92.0677 m^3 ha^{-1}, pero con una confiabilidad del 95% las existencias pueden variar entre 84.8282 y 105.0912 m^3 ha^{-1}.

La biomasa aérea es de 54.3080 ton ha^{-1}, pero con una confiabilidad del 95% podemos decir que esta puede variar entre 50.1512 y 61.9322 ton ha^{-1}.

La biomasa en raíces es de 16.2829 ton ha^{-1}, pero con una confiabilidad del 95% podemos decir que esta puede variar entre 15.0383 y 18.5653 ton ha^{-1}.

La biomasa aérea total que se presenta en este predio tiene un promedio de 70.6111 ton ha^{-1}, pero con una confiabilidad del 95% podemos decir que esta puede variar entre 65.2053 y 80.5257 ton ha^{-1}.

Por su parte, la fracción de carbono contenido, se estima en un promedio de 35.3038 ton ha^{-1}, pero, con una confiabilidad del 95% este contenido puede variar entre 32.6016 y 40.2562 ton ha^{-1}.

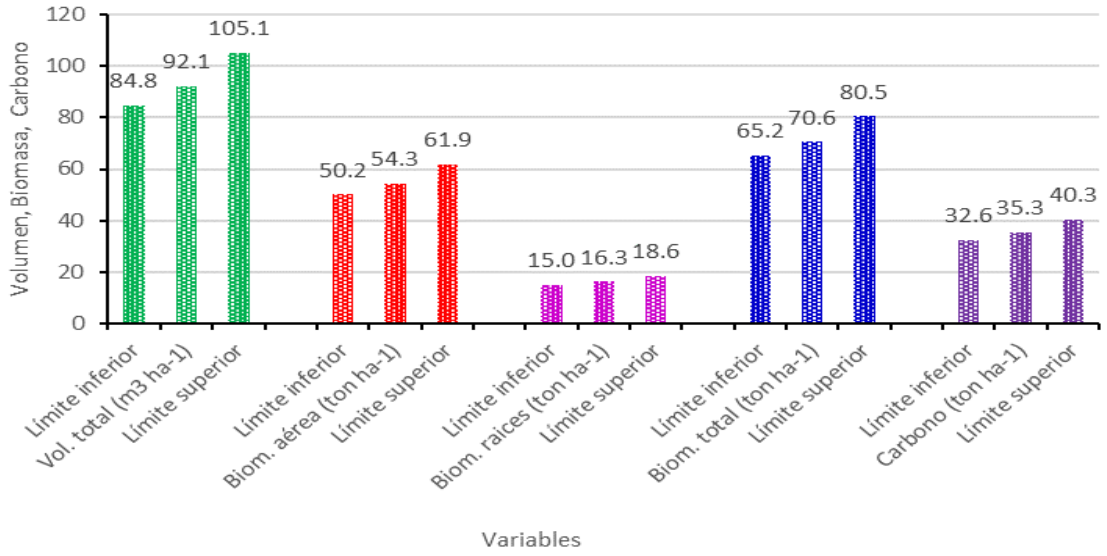
Tabla 6.44. Estimaciones de volumen, biomasa y carbono almacenados en especies del predio "Rotonda", municipio de Playa del Carmen, Quintana Roo.

ESPECIE	DN	AT	AFL	NAHA	ABHA	VTAHA	BHA	BRHA	BTHA	C	LINAHA	LSNAHA	LIABHA	LSABHA	LIVTAHA	LSVTAHA	LIBHA	LSBHA	LIBRHA	LSBRHA	LIBTHA	LSBTHA	LIC	LSC
Alamo	15.97	9.20	4.04	36.7	0.8414	5.6002	3.8358	1.1509	4.9864	2.4932	32.8	40.6	0.7394	0.9435	4.8905	6.3099	3.3482	4.3234	1.0046	1.2972	4.3524	5.6203	2.1762	2.8102
BojoN	10.00	10.00	6.00	1.0	0.0079	0.0622	0.0375	0.0112	0.0487	0.0243	1.0	1.0	0.0079	0.0079	0.0622	0.0622	0.0375	0.0375	0.0112	0.0112	0.0487	0.0487	0.0243	0.0243
Boob	10.87	7.46	3.52	46.4	0.2696	1.4739	0.9520	0.2839	1.2360	0.6197	39.6	53.2	0.2476	0.2917	1.3303	1.6176	0.8525	1.0514	0.2541	0.3138	1.1067	1.3653	0.5552	0.6843
Chacah	16.81	9.11	4.20	128.7	1.7536	22.0213	7.4169	2.2235	9.6423	4.8221	117.7	139.8	1.7056	1.8016	20.0484	23.9943	7.2467	7.5872	2.1726	2.2745	9.4210	9.8636	4.7113	4.9328
Chacni	6.20	5.33	2.93	123.8	0.3750	1.7633	1.0435	0.3131	1.3583	0.6792	105.6	142.0	0.3211	0.4289	1.4970	2.0297	0.8921	1.1949	0.2687	0.3574	1.1609	1.5557	0.5810	0.7773
Chechem	19.47	9.45	4.96	45.0	1.2963	8.8860	5.9199	1.7759	7.6952	3.8476	41.6	48.4	1.1929	1.3997	8.1493	9.6227	5.4339	6.4059	1.6301	1.9217	7.0635	8.3269	3.5317	4.1635
Cocoite	15.29	8.79	3.58	7.0	0.1526	0.6880	0.6709	0.2012	0.8721	0.4361	4.8	9.2	-0.0453	0.3505	0.0370	1.3390	-0.2553	1.5971	-0.0768	0.4792	-0.3320	2.0762	-0.1661	1.0383
Dzidzilc	8.92	5.90	2.40	126.8	0.4902	2.3516	1.3827	0.4128	1.7955	0.8996	85.2	168.4	0.3525	0.6278	1.6330	3.0702	0.9671	1.7983	0.2895	0.5361	1.2566	2.3344	0.6302	1.1689
Ekulub	7.00	5.00	3.00	17.7	0.0672	0.2848	0.1680	0.0513	0.2193	0.1097	17.7	17.7	0.0672	0.0672	0.2848	0.2848	0.1680	0.1680	0.0513	0.0513	0.2193	0.2193	0.1097	0.1097
Granadil	10.33	7.67	3.67	19.7	0.1092	0.3241	0.3817	0.1145	0.4963	0.2490	2.0	37.4	0.0264	0.1920	0.2197	0.4286	0.1046	0.6587	0.0314	0.1976	0.1361	0.8564	0.0680	0.4300
Guaya	9.50	6.80	3.40	40.4	0.1392	0.5748	0.3963	0.1186	0.5149	0.2573	30.3	50.5	0.1227	0.1557	0.5496	0.6000	0.3776	0.4149	0.1134	0.1238	0.4911	0.5388	0.2449	0.2698
Higo	17.00	8.00	7.00	1.0	0.0227	0.1257	0.0860	0.0258	0.1118	0.0559	1.0	1.0	0.0227	0.0227	0.1257	0.1257	0.0860	0.0860	0.0258	0.0258	0.1118	0.1118	0.0559	0.0559
Jabin	17.80	9.50	5.10	8.0	0.1980	1.6510	0.8895	0.2668	1.1561	0.5781	7.4	8.6	0.1817	0.2143	1.4414	1.8606	0.8101	0.9689	0.2430	0.2906	1.0529	1.2593	0.5265	0.6297
Kanasúc	13.20	9.33	4.83	17.0	0.2292	1.5965	1.0269	0.3079	1.3349	0.6672	15.8	18.2	0.2140	0.2444	1.4839	1.7091	0.9549	1.0989	0.2863	0.3295	1.2413	1.4285	0.6204	0.7140
Kanchunu	11.20	8.12	3.66	32.7	0.2276	1.2990	0.8094	0.2434	1.0528	0.5262	28.1	37.3	0.2107	0.2445	1.2225	1.3754	0.7626	0.8562	0.2292	0.2575	0.9919	1.1137	0.4957	0.5566
Katalox	15.00	7.50	2.00	2.0	0.0360	0.1975	0.1302	0.0391	0.1693	0.0847	2.0	2.0	0.0360	0.0360	0.1975	0.1975	0.1302	0.1302	0.0391	0.0391	0.1693	0.1693	0.0847	0.0847
Kitamche	14.33	8.33	3.67	4.0	0.0760	0.4379	0.2953	0.0886	0.3839	0.1920	2.9	5.1	0.0346	0.1174	0.2231	0.6527	0.1420	0.4486	0.0426	0.1346	0.1845	0.5833	0.0923	0.2917
Laurelil	7.00	5.00	2.00	17.7	0.0672	0.2848	0.1680	0.0513	0.2193	0.1097	17.7	17.7	0.0672	0.0672	0.2848	0.2848	0.1680	0.1680	0.0513	0.0513	0.2193	0.2193	0.1097	0.1097
Majagua	5.75	5.75	3.25	70.7	0.1875	0.9816	0.5748	0.1733	0.7481	0.3750	70.7	70.7	0.1665	0.2085	0.8140	1.1492	0.4871	0.6625	0.1476	0.1990	0.6333	0.8630	0.3179	0.4320
Patavaca	10.50	6.00	3.00	2.0	0.0174	0.0798	0.0500	0.0150	0.0650	0.0325	2.0	2.0	0.0174	0.0174	0.0798	0.0798	0.0500	0.0500	0.0150	0.0150	0.0650	0.0650	0.0325	0.0325
Pochote	19.00	8.00	3.00	1.0	0.0284	0.1530	0.1073	0.0322	0.1395	0.0698	1.0	1.0	0.0284	0.0284	0.1530	0.1530	0.1073	0.1073	0.0322	0.0322	0.1395	0.1395	0.0698	0.0698
Roble	6.00	6.00	3.00	17.7	0.0495	0.2618	0.1503	0.0442	0.1946	0.0973	17.7	17.7	0.0495	0.0495	0.2618	0.2618	0.1503	0.1503	0.0442	0.0442	0.1946	0.1946	0.0973	0.0973
Ruda	12.50	7.67	3.33	4.0	0.0539	0.2947	0.1913	0.0573	0.2486	0.1244	2.9	5.1	0.0298	0.0780	0.1827	0.4067	0.1145	0.2681	0.0342	0.0804	0.1487	0.3485	0.0745	0.1743
Silil	9.75	8.00	3.25	38.4	0.1277	0.6336	0.3741	0.1111	0.4888	0.2426	14.5	62.2	0.0656	0.1899	0.3772	0.8899	0.2280	0.5203	0.0680	0.1542	0.2971	0.6804	0.1480	0.3372
Sipche	5.00	6.00	3.00	17.7	0.0354	0.1910	0.1150	0.0336	0.1486	0.0743	17.7	17.7	0.0354	0.0354	0.1910	0.1910	0.1150	0.1150	0.0336	0.0336	0.1486	0.1486	0.0743	0.0743
Siricote	13.00	7.00	4.00	1.0	0.0133	0.0682	0.0442	0.0133	0.0575	0.0288	1.0	1.0	0.0133	0.0133	0.0682	0.0682	0.0442	0.0442	0.0133	0.0133	0.0575	0.0575	0.0288	0.0288
Subinche	15.77	8.80	3.53	24.7	0.2559	1.5152	1.0335	0.3110	1.3445	0.6724	16.4	32.9	0.2192	0.2926	1.2974	1.7329	0.8656	1.2014	0.2607	0.3613	1.1263	1.5627	0.5632	0.7815
Tastab	10.00	8.00	4.00	1.0	0.0079	0.0493	0.0301	0.0090	0.0391	0.0195	1.0	1.0	0.0079	0.0079	0.0493	0.0493	0.0301	0.0301	0.0090	0.0090	0.0391	0.0391	0.0195	0.0195
Tatsi	11.17	8.12	3.97	164.5	0.8650	4.8698	3.0335	0.9077	3.9448	1.9714	156.0	172.9	0.8352	0.8947	4.7162	5.0235	2.9399	3.1272	0.8798	0.9357	3.8230	4.0666	1.9106	2.0321
Tojyub	9.00	6.89	3.06	55.1	0.2280	1.1233	0.6738	0.2026	0.8764	0.4363	-0.2	110.3	0.0113	0.4448	0.0784	2.1683	0.0489	1.2986	0.0146	0.3907	0.0635	1.6892	0.0317	0.8409
Tzalam	27.57	9.09	3.04	53.0	2.7147	9.1788	11.8895	3.5672	15.4560	7.7284	49.2	56.8	2.5731	2.8563	8.4996	9.8580	11.2423	12.5367	3.3730	3.7614	14.6147	16.2973	7.3077	8.1491
Uchuche	9.69	8.21	4.44	104.4	0.5478	3.3500	2.0115	0.6021	2.6154	1.3072	99.6	109.2	0.5274	0.5682	3.2176	3.4824	1.9338	2.0893	0.5788	0.6253	2.5141	2.7166	1.2567	1.3578
Uvasche	7.00	4.00	2.00	35.4	0.1380	0.4581	0.2777	0.0831	0.3608	0.1822	104.4	104.4	0.5478	0.5478	3.3500	3.3500	2.0115	2.0115	0.6021	0.6021	2.6154	2.6154	1.3072	1.3072
Uvilla	10.39	8.00	3.92	25.7	0.1349	0.7906	0.4845	0.1444	0.6290	0.3144	19.1	32.3	0.1178	0.1521	0.7021	0.8791	0.4317	0.5373	0.1288	0.1600	0.5605	0.6974	0.2802	0.3486
Xuul	10.92	8.21	4.27	167.8	0.9515	14.9734	5.1335	1.5369	6.6778	3.3352	159.7	175.9	0.9312	0.9719	14.0434	15.9034	4.8758	5.3911	1.4597	1.6140	6.3428	7.0128	3.1676	3.5027
Yaiti	9.00	6.60	3.30	108.1	0.4437	1.9135	1.1534	0.3471	1.5004	0.7502	86.5	129.8	0.3577	0.5297	1.5756	2.2513	0.9516	1.3551	0.2863	0.4078	1.2375	1.7633	0.6190	0.8815
Yaxnik	17.97	8.94	3.64	10.0	0.2291	0.8997	0.9786	0.2935	1.2720	0.6360	9.2	10.8	0.2138	0.2444	0.8305	0.9689	0.9060	1.0512	0.2717	0.3153	1.1777	1.3663	0.5888	0.6832
Zapotill	6.00	5.00	2.33	53.1	0.1521	0.6597	0.3909	0.1185	0.5111	0.2547	53.1	53.1	0.1521	0.1521	0.6597	0.6597	0.3909	0.3909	0.1185	0.1185	0.5111	0.5111	0.2547	0.2547
TOTAL	**451.88**	**284.78**	**137.30**	**1630.7**	**13.5406**	**92.0677**	**54.3080**	**16.2829**	**70.6111**	**35.3038**	**1434.8**	**1964.8**	**12.4053**	**15.4956**	**84.8282**	**105.0912**	**50.1512**	**61.9322**	**15.0383**	**18.5653**	**65.2053**	**80.5257**	**32.6016**	**40.2562**

Donde: DN = Diámetro normal (cm), AT = altura total (m), AFL = altura de fuste limpio (m), NA = número de árboles (ha^{-1}), VFL = volumen de fuste limpio (m^3), VFT = volumen de fuste total (m^3), VTA = volumen total árbol (m^3), Biom = biomasa aérea (ton ha^{-1}), C = carbono contenido (ton ha^{-1}), LI = límite inferior, LS = límite superior.

Es importante hacer la diferenciación del "carbono almacenado" y del "carbono capturado", ya que el carbono almacenado es la cantidad total de carbono contenida en la biomasa, mientras que el carbono capturado o secuestrado es una medida del flujo dinámico del crecimiento anual de la biomasa (Dávalos, Rodríguez y Martínez 2008).

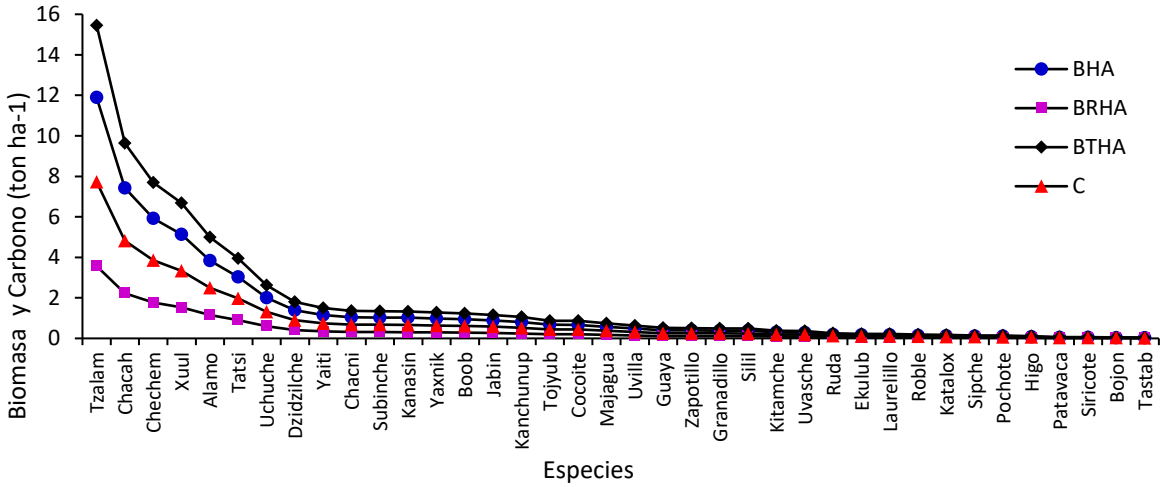
Figura 6.10. Volumen (m3 ha-1), Biomasa y carbono almacenados (ton ha-1) en el predio "Rotonda", municipio de Playa del Carmen, Quintana Roo.



Por todo lo anterior, dado que se tiene que el carbono almacenado durante estos últimos 36 años es de 35.3038 ton ha^{-1}, tomando en cuenta que en 1988 el huracán Gilberto daño la zona norte del estado de Quintana Roo y en 1989 el gran incendio forestal arrasó completamente con toda la vegetación de la selva mediana subperennifolia existente en la zona. De esta forma, si se quiere estimar la tasa anual de captura de carbono por ha año^{-1}, la cantidad de carbono acumulado (35.3038 ton ha^{-1}) en un periodo de 36 años, es de 0.980

De las 38 especies presentes en el área, 11 de ellas: Tzalam, Chacah, Chechem, Xuul, Alamo, Tatsi, Uchuché, Dzidzilche, Yaiti, Chacni, Subinché concentran el 80.75 % del carbono almacenado, tal como se puede observar en la Figura 6.11.

Figura 6.11. Biomasa y carbono almacenados (ton ha-1) en especies del predio "Rotonda", municipio de Playa del Carmen, Quintana Roo.



Escenarios de la captura de carbono

Tabla 6.45. Comparación de los diferentes escenarios de la captura de carbono en 7.98 ha del predio Rotonda, municipio de playa del Carmen, Quintana Roo.

ESCENARIO 1 (Sin cambio de Uso del Suelo de los Terrenos Forestales)	ESCENARIO 2 (Con cambio de uso del Suelo de los Terrenos Forestales y sin medidas)	ESCENARIO 3 (Cambio de Uso del Suelo de los Terrenos Forestales con Medidas de Mitigación)
7.8204 (+)	**7.8204 (-)**	**12.1226 (+)**

Como se puede apreciar en el **primer escenario,** si no hay cambio de uso del suelo en los terrenos forestales en la superficie de 7.98 has, la captura de carbono seguirá dándose en forma natural en un promedio de 0.980 ton ha^{-1} $año^{-1}$. Y que por la superficie total de 7.98 has será 7.8204 ton/año, por lo que este escenario es positivo.

Para el **segundo escenario**, si se realiza el desmonte y no hay ninguna actividad que lo mitigue, entonces se estará perdiendo una captura anual de carbono por la superficie total de 7.98 has de 7.8204 ton/año y el escenario es negativo.

Para el **tercer escenario**, el cambio de uso del suelo de los terrenos forestales en las 7.98 has con actividades de mitigación para la captura de carbono, en la que se contemplan la creación de áreas ajardinada con una superficie de 1.73 has, la propuesta de rescate de plantas por una cantidad de 1,673 individuos que van hacer reforestados y de un polígono denominado esperanza limones de 200.62 has de los cuales se compromete a la conservación de 7.98 has (superficie similar de cambio de uso de suelo) que se encuentra ubicado en el municipio de Felipe Carrillo Puerto, Quintana Roo y que de acuerdo a la cartografía INEGI serie VII corresponde con una selva mediana subperennifolia vegetación secundaria arbórea y que su único objetivo es la conservación ecológica y que en total se tiene una captura total anual de carbono de 9.5158 toneladas/año y su valor es positivo.

Tabla 6.46. Diferentes escenarios del cambio de uso del suelo y captura de carbono.

Terrenos	Superficie (ha)	Captura anual de Carbono (ton ha^{-1})	Total de Carbono capturado (ton ha^{-1})
Área verde	1.73	0.980	1.6954
Predio La Esperanza-Limones *	7.98	0.980	7.8204
Total			**9.5158**

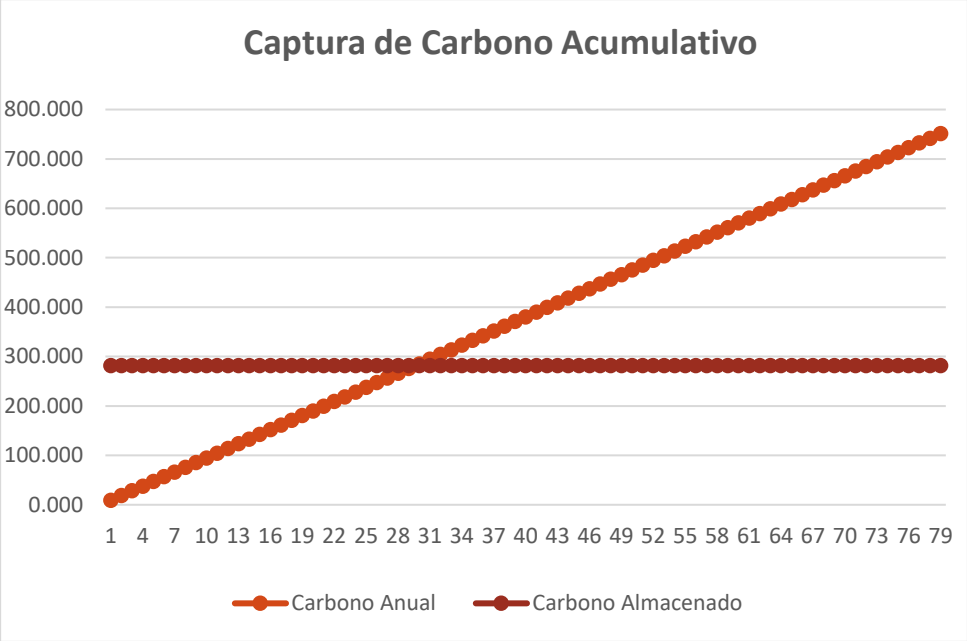
De las 200.06 has del predio, el promovente se compromete a cuidar y proteger una superficie de 7.98 has para la captura de carbono.

Conclusiones

Podemos decir que en las 7.98 has propuestas para el cambio de uso del suelo de los terrenos forestales, se tiene almacenado un total de 281.72 ton de carbono (0.980 ton/ha x 7.98 has x 36 años) y con el cambio de uso del suelo se dejará de capturar en ellas un total 7.8204 de

ton año^{-1} de carbono, mismos que podrán ser recuperados con la propuesta del tercer escenario.

Figura 6.12. Grafica de recuperación de carbono.



Por lo anterior y con estos compromisos de mitigación, se puede recuperar en un lapso de 30 años el carbono total que es de 458.09 ton y a partir del año 31 se empezara a ganar carbono con una tasa promedio de 17.775 ton/año tal como se aprecia en la gráfica.

Para minimizar los efectos se habrán de aplicar las siguientes medidas de mitigación:

- El desplante del proyecto se deberá realizar dentro de las 7.98 ha propuestas para el CUSTF y que han sido definidas de acuerdo a los planos arquitectónicos. Con la permanencia de 2.66 ha de vegetación natural, se promoverá la captura de las emisiones de carbono.

- Estará prohibida la quema de basura y material orgánico resultante de la limpieza o desmonte del terreno. Así corno el uso de leña en la preparación de los alimentos de los trabajadores. Por lo que el material producto del desmonte deberá ser triturado y composteado. Asimismo, en cuanto al consumo de alimento estos no deberán de ser preparados en el lugar, para ello se hará uso del comedor correspondiente dentro del área de trabajo.

- Los equipos, maquinaria y camiones en los que se trasladarán los materiales producto de desmonte, despalme, transporte de personal, etc., deberán estar en buenas condiciones mecánicas y de afinación, con la finalidad de que la emisión de humo, polvo y partículas suspendidas sea mínima.

- De ser posible se dará preferencia a uso de vehículos que utilicen gas LP o natural como combustible debido a su menor concentración de CO2. El gas LP es mayoritariamente metano, que es menos nocivo para la atmósfera que el combustible normal.

- Se deberá solicitar a los operadores de los vehículos de carga que cierren sus escapes, que no efectúen acelerones o calentamiento innecesarios de motores y solamente mantengan en funcionamiento el vehículo cuando se encuentran en tránsito dentro del predio e instalaciones.

- Se deberá aplicar el Programa de rescate de flora nativa. Con esta medida se habrá de resguardar el germoplasma que contribuye en la captura de las emisiones de carbono.

- Se deberá establecer un vivero temporal donde se garantice la recuperación de las especies e individuos que sean rescatados y se alcance una sobrevivencia del 80%.

- Se deberá aplicar el Programa de Reforestación de aquellos espacios que así lo requieran, empleando todas los individuos y especies que hayan sido rescatadas dentro del predio.

De acuerdo a lo anterior, se concluye que, si bien este servicio no será eliminado solo disminuido por consecuencia del cambio de uso de suelo, **la disminución en la capacidad de almacenamiento de carbono en las áreas afectadas por la remoción de la vegetación será mitigado, conforme a lo establecido en el artículo 93 de la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable.**

6.2.5. La capacidad de captación de agua y la calidad de la misma

En el área sujeta a cambio de uso de suelo que requiere el proyecto (7.98 ha), de acuerdo a la información proporcionada por la estación meteorológica más cercana al mismo (Playa del Carmen) presenta precipitaciones del orden de los 1,332.1 mm (CONAGUA, 2010). Además, en la región no existen corrientes superficiales debido a la naturaleza calcárea del terreno que presenta una mejor permeabilidad y al relieve del mismo que es sensiblemente plano (0-2.5%), considerándola como poco significativa.

Al no poderse desarrollar las corrientes superficiales, la porción del agua de precipitación que resta de la evapotranspiración (la que es absorbida por las plantas y suelos), habrá de saturar el terreno, colma el bajo relieve y se infiltrará en el subsuelo, dando origen a las aguas subterráneas.

El área del proyecto se localiza en una región cárstica de calizas o dolomitas que facilitan el drenaje subterráneo debido a la disolución de la roca. Las condiciones geológicas con la precipitación actúan en conjunto con la disolución de la roca caliza causado por el agua a través de la red de drenaje subterráneo y que ha creado de esta manera un paisaje cárstico típico de ríos subterráneos y toda esta recarga se dirige hacia la zona litoral para su descarga que es de manera prácticamente radial.

De esta manera el drenaje subterráneo constituye una red que funciona de manera directamente proporcional a la magnitud de la precipitación que ocurre en las diversas temporadas climáticas. Por otra parte, la hidrología superficial del predio del proyecto a simple vista no se aprecia debido a que el agua de lluvia que cae en la temporada se infiltra al subsuelo favoreciendo el establecimiento de la vegetación natural.

La actual infiltración de agua (con suelo y vegetación natural) en el área pretendida para el CUSTF es de 64,581.19 m^3/año. La infiltración disminuirá en caso de llevar a cabo el CUSTF, establecimiento del proyecto (sellamiento del suelo) y sin medidas de protección-conservación del agua hasta un valor de 27,398.38 m^3/año. Se tendrá una pérdida neta y un volumen de agua a mitigar por el proyecto de 37,182.81 m^3/año.

Con la finalidad de hacer de este proyecto en uno sustentable y viable ambientalmente se plantea la aplicación de medidas de mitigación mediante la permanencia de áreas de conservación que lograran mitigar completamente el volumen de agua que se perderá por motivo del CUSTF (37,182.81 m^3/año) por el proyecto "Rotonda". Lo anterior, indica que el aplicar las medidas de protección-conservación del agua y del suelo permitirá mitigar completamente la pérdida neta de infiltración por motivo de CUSTF permitiendo tener un seguimiento en la prestación del servicio ambiental de captación de agua en cantidad importante con un volumen de 54,952.50 m^3/año. Es decir, permitirá que el proyecto sea totalmente sostenible y viable ambientalmente

Además, el proyecto mantendrá una cobertura vegetal natural o de conservación del orden del 25%, que quedará en pie formando parte del proyecto y que este representa una superficie de 2.66 ha del total del predio.

Por otra parte, se tiene que de acuerdo al Programa Municipal de Desarrollo Urbano de Solidaridad 2010-2050, se considera que el municipio ubicado dentro de la Cuenca 32A cuenta con una superficie de 2'128,054.31 m2 (212,805.45 Ha), así mismo y de acuerdo con la caracterización municipal presentada en la Tabla 6.47, se distribuyen distintos tipos de vegetación los cuales se registran a continuación:

Tabla 6.47. Uso del suelo y vegetación del municipio de Playa del Carmen.

Uso de suelo y vegetación	Área en m^2	Hectáreas	% Municipal
Selva Mediana subperennifolia	1,245,868,591.44	124,586.86	58.54
Vegetación secundaria derivada de Selva mediana subperennifolia	498,629,901.97	49,862.99	23.43
Vegetación secundaria derivada de Selva mediana subperennifolia con agricultura nómada (hubches)	290,145,945.79	29,014.59	13.63
Sin vegetación aparente	48,442,198.38	4,844.22	2.28
Sabana	19,481,953.83	1,948.20	0.92
Manglar	15,542,158.96	1,554.22	0.73
Selva baja subcaducifolia	6,683,821.75	668.38	0.31
Vegetación halófila	2,243,711.69	224.37	0.11
Cuerpo de agua	1,016,226.51	101.62	0.05
TOTAL	2,128,054,510.31	212,805.45	100.00

Fuente: "Programa Municipal de Desarrollo Urbano de Solidaridad 2010-2050".

De acuerdo con los datos señalados y tomando en consideración únicamente los ecosistemas de Selva Mediana subperennifolia y la Vegetación secundaria derivada de la misma, se registra que para el municipio estos ambientes alcanzan cobertura en una superficie combinada de 174,449.85 has. Asimismo, estas zonas se encuentran cubiertas de vegetación natural, lo que facilita que el agua de lluvia se percole libremente, contribuyendo a la formación y recuperación del acuífero.

En este sentido, el proyecto afectará 7.98 hectáreas, lo que representa tan solo un 0.00004574953% de la superficie total que favorece la captación y percolación del agua de lluvia en el municipio. Además, el proyecto mantendrá una cobertura vegetal natural o de conservación del orden de los 2.66 has que quedarán en pie formando parte del proyecto.

La remoción de la vegetación en el área sujeta a cambio de uso de suelo **no afectará la capacidad de captación ni se provocará la disminución de la misma**, en la zona donde se ubica el Proyecto de interés. En este caso, los efectos en la captación de agua no son considerados significativos, ya que el impacto será en un área puntual con respecto a la región, misma que se

encuentra influenciada desde hace muchos años por los desarrollos turísticos ubicados en la Riviera Maya y el crecimiento de la ciudad de Playa del Carmen. **Sin embargo, se realizarán acciones tales como:**

- Evitar las descargas sanitarias al subsuelo mediante la contratación de sanitarios portátiles para uso obligatorio de los trabajadores a razón de uno por cada 15 trabajadores.

- De tener la posibilidad de almacenamiento de combustible en la zona del proyecto durante la etapa de preparación del sitio, este será a base de contenedores bajo condiciones adecuadas para evitar en la medida de lo posible un derrame.

- Se mantendrá un programa de limpieza periódica del sitio de obra.

Además, el Proyecto considera la captación de aguas pluviales mediante la construcción de pozos de absorción en las vialidades y conducirlas al subsuelo, los que considerarán lo establecido en la Norma Oficial Mexicana NOM-015-CONAGUA-2007. (DOF del 18 de agosto de 2009), la NOM-003-CNA-1996 (DOF del 3 de febrero de 1997) y la NOM-004-CNA-1996 (DOF del 3 de febrero y 8 de agosto de 1997). Además de la captación de lluvia que se hará en las áreas verdes y de conservación consideradas por el Proyecto

Con referencia a la calidad del agua en la zona, se considera que, por el desarrollo del proyecto, ésta no se verá afectada debido a los factores siguientes:

De acuerdo con el balance hidrológico del estado de Quintana Roo, existe gran disponibilidad de agua subterránea por lo que ésta alcanza un volumen disponible de alrededor de los 3,256 Mm3. De este valor tan solo se utiliza cerca de los 423 Mm3, lo que corresponde con un 13% del total de agua disponible (González-Canto, 2006). Asimismo, y de acuerdo con la CONAGUA (2011), se reconoce que el acuífero de la Península de Yucatán se mantiene una excelente calidad del agua, lo cual está basado en el análisis de 3 parámetros principales:

- Demanda Química de Oxígeno (DBO_5),

- Demanda Química de Oxígeno (DQO) y

- Sólidos Suspendidos Totales (SST)

No obstante, lo anterior, los retos a los cuales se enfrentan los organismos administradores del agua indican que se deberá evitar la modificación de la calidad del agua del acuífero ya que es altamente vulnerable a la contaminación antropogénica, por la alta capacidad de infiltración que se registra en el subsuelo. Además de que se debe mantener una explotación controlada que evite la contaminación del acuífero por la intrusión salina, derivado del limitado espesor del acuífero. En este sentido, en el desarrollo del proyecto se deberá considerar:

- De acuerdo con el manual de *Operación y mantenimiento de pozos profundos para acueductos* (1999)[14], se considera que la distancia mínima que debe existir entre un pozo de extracción y una letrina, un tanque séptico o un pozo de absorción es de 50 m. Asimismo, la distancia mínima que debe existir con un relleno sanitario, basurero, un tanque enterrado con tóxicos es de 500 m. En cuanto al manejo de aguas residuales se cuenta con la Planta de Tratamiento Sastun ja (operada por la Comisión de Agua Potable

[14] http://repositorio.sena.edu.co/sitios/calidad_del_agua/operacion_pozos/index.html#

y Alcantarillado) se ubica a 7 km al suroeste, misma que da el manejo adecuado de los efluentes que se generan desde los conceptos habitacionales que existen en la zona; mientras que el relleno sanitario se ubica a 13 km al noroeste. Por lo que en la zona de alguna manera se considera que se lleva a cabo el uso de suelo propio para el desarrollo de la vida natural, Es por ello que las condiciones para la infiltración y la buena calidad del agua de lluvia, prácticamente no han sido modificadas previamente a la planeación del proyecto.

- En relación al proyecto que se propone y para evitar al máximo las situaciones que pudieran ser fuente de contaminación de las aguas subterráneas durante la etapa de preparación del sitio (que es cuando se llevará a cabo el CUSTF), se habrá de llevar a cabo la disposición adecuada de las aguas residuales generadas por los trabajadores de obra. Por ello se contará con sanitarios portátiles a razón de 1 por cada 15 trabajadores, mismos que requerirán de labores de mantenimiento; además de realizar de manera adecuada la disposición final de dichas aguas. Este servicio se llevará a cabo a través de una empresa especializada en la limpieza de estos equipos y todos los efluentes serán enviados a una planta de tratamiento.

- Asimismo, en el desarrollo de las actividades de CUSTF se habrá de generar residuos sólidos urbanos, lo que refiere desechos orgánicos, producto de alimentos de los trabajadores; como son: sobrantes de alimentos, envolturas de papel. cartón, etc. Así como inorgánicos; como son: latas (aluminio y acero), vidrio, plástico, etc. Por lo que se deberá aplicar un procedimiento de manejo adecuado a fin de evitar la generación de lixiviados de los mismos y con ello la promoción de la contaminación del suelo y del agua. Por lo que se colocarán el número de depósitos de basura que se requieran, los cuales estarán rotulados de acuerdo a su propósito y favorecer con ello su separación y reciclamiento. Al respecto se debe referir que la promovente deberá tramitar y obtener la anuencia de la Secretaría de Ecología y Medio Ambiente (SEMA), para desarrollar su propio programa de manejo de los residuos y de aquellos de manejo especial.

- De manera complementaria, se deberá supervisar que se lleve a cabo el mantenimiento periódico de la maquinaria y vehículos, con el fin de evitar accidentes al tiempo de operación dentro del predio del proyecto y que pudieran corresponder con el derrame de combustible, grasas, aceites, acumuladores, etc. Se debe de espera que estas acciones se realicen fuera de la zona donde se llevará a cabo el cambio de uso del suelo, es decir, en talleres especializados la mayoría de los cuales se ubica en la propia ciudad de Playa del Carmen y de alguna manera garantizar el manejo adecuado de las piezas mecánicas, aceites, grasas, etc.

- Adicionalmente, para llevar a cabo el CUSTF no se requiere de efectuar ningún tipo de excavación o alumbramiento del acuífero, por lo que no existirá ninguna situación que favorezca la percolación directa o indirecta de contaminantes al subsuelo y manto freático de la zona.

- Por otra parte, y en caso de algún derrame accidental de cualquier producto contaminante, rápidamente se deberá retirar del sitio, se colocarán materiales absorbentes y se deberá retirar todo el sustrato que pudiera estar contaminado. Además, a todos estos desechos se les debe dar tratamiento como residuos peligrosos, por lo que se confinarán en depósitos que cuenten con tapa, señalamientos adecuados, así como un lugar específico para su almacenamiento temporal. Su disposición final será con alguna de las empresas autorizadas que operan en la localidad.

- De manera adicional, es importante señalar que durante las etapas de construcción y operación del proyecto se habrá de conservar una superficie de 2.66 ha del conjunto de predios, misma que habrá de preservar su cubertura de vegetación natural de selva mediana con desarrollo secundario. Situación que contribuirá a la continuidad en la recarga natural del acuífero, lo que habrá de favorecer las condiciones existentes actualmente y que permiten la existencia de un agua subterránea apta para el consumo humano o animal.

Haciendo un énfasis **en relación a la modificación de la calidad del agua, se considera que, por el desarrollo del Proyecto, este servicio no se verá afectado negativamente**. Por lo que, mediante el adecuado seguimiento y la continuidad de las acciones referidas, se podrá garantizar la continuidad de la infiltración del agua y su proceso de purificación natural en su recorrido por el subsuelo hasta integrarse al manto freático.

6.3. Justificación Económica

6.3.1. Que el Uso Alternativo del Suelo que se Proponga sea más Productivo

Como primera consideración para el desarrollo de este apartado, se debe reconocer que el Proyecto se localiza en un área urbana, regulada por instrumentos de ordenamiento del territorio (Programa de Ordenamiento Ecológico Local del Municipio de Solidaridad y Programa Parcial de Desarrollo Urbano el Jesusito) que contemplan el desarrollo de esta zona como parte de la expansión urbana. De acuerdo a lo anterior el Proyecto propuesto es compatible con esta visión de desarrollo, siendo ratificado mediante la vocación de uso de suelo que los instrumentos previamente señalados han establecido para el Proyecto (ver Capítulo 3).

Bajo este contexto la Promovente, estima una inversión para el desarrollo del Proyecto de $1,398,379,433.16 pesos mexicanos. Cabe señalar que la inversión traerá beneficios para diferentes sectores productos del municipio y región, derivados del requerimiento de insumos y servicios, así mismo la inversión contribuirá a la creación de empleos tanto temporales como permanentes.

Por otro lado, de acuerdo a la información presentada en el Capítulo 2, apartado 2.6.3, la estimación del valor económico total de los recursos biológicos de la superficie de cambio de uso de suelo fue estimada en **$2’350,727.22 MXN (dos millones trescientos cincuenta mil setecientos veintisiete 22/100 M.N.)** (Tabla 6. 48).

Tabla 6. 48. Estimación económica total de los recursos biológicos forestales del área sujeta a cambio de uso de suelo.

Recurso	Total a afectar por cambio de uso de suelo	Valor total en pesos
Palizada	**7.98 hectáreas**	287,136.00
Palmas y especies protegidas		41,400.00
Plantas de interés y de ornato		209,850.00
Carbón vegetal		327,780.00
Tierra vegetal		19,950.00
Fauna		34,850.00
Servicios ambientales (Suelo)		891,238.90
Servicios ambientales (Carbono)		529,744.32
Servicios hidrológicos (Agua)		8,778.00
Total		**$2’350,727.22**

Actualmente el predio no presenta un uso económico actual, sin embargo, mediante la valoración económica de los recursos que presta la fracción de terreno se puede concluir que el valor económico del mismo es de $2’350,727.22 MXN (dos millones trescientos cincuenta mil setecientos veintisiete 22/100 M.N.).

En caso de que se quisiera aprovechar los recursos biológicos forestales (recursos forestales maderables, recursos forestales no maderables y recursos biológicos), la derrama económica derivada de estos sería de $538,386.00 pesos mexicanos. Cabe indicar que esta percepción económica se generaría únicamente durante el primer año (línea cero de aprovechamiento), por lo que, para contar nuevamente con el ingreso derivado del aprovechamiento de estos recursos, se tendría que esperar un periodo de tiempo aproximado de al menos 20 años.

En caso de que se conservará el terreno forestal para el mantenimiento de los servicios ambientales, sin considerar el aprovechamiento de los recursos biológicos forestales, y percibir una remuneración por este concepto, de acuerdo a las Reglas de Operación del Programa Apoyos para el Desarrollo Forestal Sustentable, derivado de su componente SA.1. Pago por Servicios Ambientales, modalidad SA.1.1 Servicios Ambientales, siendo el único tipo de apoyo realizado por alguna dependencia de gobierno para servicios ambientales, se obtendría el ingreso de $8,778.00 pesos mexicanos por año, considerando que es posible que este monto sea modificado con relación al cambio de administración a nivel federal para cada sexenio, sin embargo, no se considera que esta variación sea sustancial. Ahora bien, si consideramos la percepción por este concepto en un periodo de hasta 15 años, se obtendría una remuneración de $131,670.00 pesos mexicanos, **lo que equivale a 0.009% de la inversión total estimada del Proyecto**.

Considerando otro escenario, suponiendo que el valor actual del uso de suelo forestal es de $2’350,727.22 pesos mexicanos, al realizar una proyección de este valor en el tiempo, contemplando que el ecosistema mantendría su composición y estructura y por ende sus recursos se conservarían (es decir que no aumentan ni disminuyen); aunque este escenario es el más alentador de los posibles, ya que representa una condición en la que los recursos biológicos forestales y los servicios ambientales no demeritan su calidad y cantidad.

Así, desde una perspectiva económica, si los recursos se conservan sin incrementar ni disminuir, su valor monetario se verá afectado, debido al aumento continuo, sustancial y general del nivel de precios de la economía del país. Por lo que de acuerdo con la consulta realizada en el portal de índices de precios al consumidor[15] la Tasa Promedio Mensual de la Inflación del período de diciembre de 2023 a marzo de 2024 es del 0.47 %, lo que representa una tasa anual del 5.64% (0.47% mensual por 12 meses).

Por lo que, aplicando la tasa de inflación al valor actual del uso de suelo forestal, estimado anteriormente en $2’350,727.22 pesos mexicanos en el presente año, se tendría que para el año 2023 el valor del uso de suelo forestal sería de $2,361,776.00 (resultado de multiplicar el valor del uso de suelo forestal de $2’350,727.22 pesos mexicanos por 0.47% y dividirlo entre 100 para determinar el valor que éste incrementaría por la inflación y sumarlo al valor actual); y así, para conocer el valor del uso de suelo forestal para el 2026 se partiría del nuevo valor y se multiplicaría nuevamente por 0.47% y se dividiría entre 100, y así sucesivamente hasta el último año de evaluación.

En la Tabla 6. 49 se presenta la proyección del valor económico del uso actual del suelo forestal en un periodo de 30 años, a partir de su valor actual y, como se ha dicho, con una Tasa Promedio Anual de la Inflación de 5.64%).

[15] http://www.inegi.org.mx/sistemas/indiceprecios/CalculadoraInflacion.aspx.

Tabla 6. 49. Proyección del valor económico del uso de suelo forestal en el largo plazo.

Año		Valor del uso forestal MXN
1	2025	2,361,776.00
2	2026	2,372,876.00
3	2027	2,384,028.00
4	2028	2,395,232.00
5	2029	2,406,489.00
6	2030	2,417,799.00
7	2031	2,429,162.00
8	2032	2,440,579.00
9	2033	2,452,050.00
10	2034	2,463,575.00
11	2035	2,475,155.00
12	2036	2,486,790.00
13	2037	2,498,480.00
14	2038	2,510,226.00
15	2039	2,522,028.00
16	2040	2,533,886.00
17	2041	2,545,801.00
18	2042	2,557,773.00
19	2043	2,569,803.00
20	2044	2,581,891.00
21	2045	2,594,037.00
22	2046	2,606,242.00
23	2047	2,618,506.00
24	2048	2,630,830.00
25	2049	2,643,214.00
26	2050	2,655,658.00
27	2051	2,668,163.00
28	2052	2,680,729.00
29	2053	2,693,357.00
30	2054	2,706,047.00

Es decir, que, si se mantuvieran los recursos biológicos forestales y los servicios ambientales dentro del área del cambio de uso de suelo, cuyo valor actual es de **$2’350,727.22 pesos mexicanos**, dada una tasa de inflación del 5.64% anual, para el 2054 el valor de los recursos biológicos forestales y los servicios ambientales sería de $**2,706,047.00 pesos mexicanos.**

La información vertida en los subtemas anteriores nos sirve para concluir lo siguiente:

- Que el valor actual del uso del suelo forestal es de $2’350,727.22 pesos mexicanos y que, si se conservaran, dada una tasa de inflación del 5.64% anual, para el 2054 el valor de los recursos biológicos forestales y los servicios ambientales sería de $2,706,047.00 pesos mexicanos.

- Que el valor máximo que podrán alcanzar los recursos biológicos forestales y los servicios ambientales en 30 años es de $**2,706,047.00** pesos mexicanos, **lo que representa apenas el 0.19% del monto de inversión del Proyecto**, en un periodo de evaluación de 30 años.

Aunado a lo anterior, proyectos de este tipo traen consigo beneficios asociados, como son las inversiones necesarias para su realización, lo que implica la contratación de empresas que ejecutarán las obras, la compra de insumos, así como los pagos de permisos y derechos. La inversión contribuirá con la creación de empleos temporales y permanentes que beneficiarán a familias locales, crearán la necesidad de proveedores, impulsando con ello el comercio local y significará ingresos en materia de impuestos y permisos al municipio de Solidaridad, gobierno estatal y federal.

Con base en las consideraciones arriba expresadas, se tiene que la derrama económica por la venta de los recursos forestales y servicios que presenta el Proyecto, no tiene el valor potencial que permita rebasar la relación beneficio-uso que ocasionaría la derrama económica al realizar el Proyecto. **Por lo tanto, se deja ver claramente que el uso propuesto para el Proyecto resulta más productivo, a largo plazo, que el del uso de los recursos forestales.**

Finalmente, la inversión proyectada, no sólo incluye el punto de vista económico, sino también involucra los recursos financieros requeridos para que el Proyecto se desarrolle bajo los principios de protección al ambiente y se asegure el seguimiento y la evaluación para que la apropiación del territorio se realice con pleno respeto a la normativa vigente.

6.4. Justificación Social

La evaluación del grado de desarrollo socioeconómico considera entre otros aspectos, el índice de marginación. Por su parte, el potencial (ventajas comparativas que permiten el desarrollo), se valora a partir de índices sobre la situación geográfica, la densidad de población, el grado de preparación para participar de manera calificada en actividades productivas y la concentración sectorial de las actividades secundarias y terciarias.

En lo que concierne al desarrollo habitacional-comercial que se pretende construir, es importante mencionar que su impacto se refleja más a nivel social que a nivel turístico. Su objetivo es ofrecer espacios idóneos para la construcción de viviendas particulares, en beneficio de la gente que reside en las localidades cercanas al desarrollo, y que carecen de una oportunidad para adquirir una vivienda digna. Se trata pues, de un desarrollo de interés de la sociedad, con alto impacto para las familias que llegan a vivir al municipio de Solidaridad y que buscan de bienestar y una oportunidad de desarrollo óptimo para su crecimiento.

El municipio de Solidaridad es un centro turístico de gran importancia. Como factores de atracción se puede mencionar la amplia oferta de empleo en el sector turístico y los servicios conexos. El centro de población de Playa del Carmen es la cabecera municipal, que en sus inicios comenzó como un pequeño pueblo y asentamiento de pescadores que creció de manera exponencial, convirtiéndose en uno de los centros turísticos más grandes de México.

De acuerdo a los censos de población, el crecimiento poblacional de Playa del Carmen ha evolucionado de la siguiente manera: en 1996 con 10,000 habitantes, en 2003 con 49,0000, actualmente la ciudad cuenta con 304,942 habitantes.

Conforme a la información de los censos de población realizados por el Instituto Nacional de Estadística y Geografía, la población de Playa del Carmen, mantiene un incremento constante, lo que implica que se requiere implementar estrategias de urbanización de la ciudad para satisfacer las demandas de la población sin alterar el equilibrio ambiental de los ecosistemas colindantes a la mancha urbana.

En resumen, con la implementación del Proyecto se obtienen los siguientes beneficios ambientales, económicos y sociales.

En lo ambiental, la adecuada concentración de viviendas permite una disminución de superficies de desmonte de áreas forestales; este desarrollo promueve el desahogo en la presión que ejerce la población al sobredensificar áreas de ciertas zonas de la ciudad, ya que el desarrollo de viviendas verticales minimiza el impacto por cambio de usos de suelo lo que favorece una disminución impactos en áreas forestales, lo que beneficia un manejo sustentable. La correcta distribución de la población equilibra la emisión de residuos líquidos y sólidos y permite al municipio implementar las medidas adecuadas de distribución de servicios como agua, colecta de basura etc.; además de que no se afectarán áreas destinadas a protección o conservación de la flora o fauna silvestre.

En lo económico, la magnitud y temporalidad en el desarrollo del Proyecto, permite activar la economía de muchas familias que se dedican a actividades de construcción o que ofrecen servicios como la venta de alimentos y propiciarán un flujo económico en la región, que, desde luego, impactará en la economía del estado y directamente en la economía social local.

Es de reconocerse que el mayor impacto positivo del Proyecto está en el sector social ya que el municipio tiene como principal actividad económica el turismo, por lo que se continúa registrando un acelerado crecimiento demográfico; como resultado del impulso a este sector, que ocasiona una creciente demanda de vivienda y servicios.

La condición de uso del suelo urbano destinado a este Proyecto constituye un elemento técnico de importancia; toda vez que su uso como zona de manejo y aprovechamiento forestal no se contempla en los instrumentos de planeación urbanos, lo que asegura que no existirán conflictos entre los usos del suelo propuestos, por lo que se considera que el cambio de uso del suelo de los terrenos destinados para la construcción de viviendas y locales comerciales que considera el Proyecto, tiene justificación técnica sustentada.

Por lo tanto, se puede concluir que el cambio de uso de suelo del Proyecto no rebasa los límites y/o parámetros establecidos en el Programa Parcial de Desarrollo Urbano El Jesusito y el Programa de Ordenamiento Ecológico Local del Municipio de Solidaridad.

Con la aplicación de las medidas preventivas y de mitigación, así como las que se propongan como compensación, este Proyecto demuestra que es compatible con el ambiente al mitigar los impactos ambientales mediante prácticas y obras para proteger el suelo, agua y vegetación, lo que nos permite anticipar un Proyecto viable en el ámbito de este ordenamiento.

Ante esta perspectiva el Proyecto, se apega a los instrumentos de planeación del desarrollo urbano por lo que se debe realizar el cambio de uso de suelo para así continuar impulsando el desarrollo regional. De esta manera, el Proyecto habrá de contribuir a la mejora de los estándares de vida de la población local, cuyo crecimiento está generado por el desarrollo turístico.

Con el desarrollo del Proyecto se pretende la atención a las necesidades de la población urbana siempre creciente, permitiendo la dotación de infraestructura suficiente y atractiva. Además de que ésta será acorde con el crecimiento de la población de la zona. La inversión contribuirá con la creación de empleos temporales y permanentes que beneficiará a gran cantidad de obreros de la industria de la construcción de la zona. Se impulsará al comercio organizado y significará ingresos en materia de impuestos y permisos al municipio de Solidaridad, al gobierno estatal y federal ya que activará múltiples cadenas del sector económico.

ROTONDA

CAPÍTULO 7. MEDIDAS DE PREVENCIÓN Y MITIGACIÓN SOBRE LOS RECURSOS FORESTALES

DOCUMENTO TÉCNICO UNIFICADO MODALIDAD B PARTICULAR

CAPÍTULO 7. MEDIDAS DE PREVENCION Y MITIGACION DE IMPACTOS SOBRE LOS RECURSOS FORESTALES 3
7.1. INTRODUCCIÓN 3
7.2. SISTEMA DE MANEJO Y GESTIÓN AMBIENTAL 4
7.3. ESTRUCTURA DEL SISTEMA DE MANEJO Y GESTIÓN AMBIENTAL (SMGA) .. 6
7.4. PROGRAMAS DEL SISTEMA DE MANEJO Y GESTIÓN AMBIENTA 11
7.4.1. Programa de supervisión y vigilancia ambiental. 12
7.4.2. Programa de Manejo Integral de Residuos 14
7.4.2.1. Subprograma de Manejo Integral de Residuos Sólidos 14
7.4.2.2. Subprograma de Manejo Integral de Residuos Líquidos y Sanitarios 22
7.4.2.3. Subprograma de Manejo Integral de Residuos Peligrosos y de Manejo Especial 24
7.4.3. Programa de Conservación y Manejo de Ecosistemas 27
7.4.3.1. Subprograma de conservación de hábitat 27
7.4.3.2. Subprograma de arborización y ajardinado 35
7.4.4. Programa de Biodiversidad 39
7.4.4.1. Subprograma de Rescate Selectivo de Vegetación 39
7.4.4.2. Subprograma de Ahuyentamiento y Rescate Selectivo de Fauna 44
7.4.5. Programa de manejo de contingencias ambientales 48
7.4.5.1. Subprograma de prevención y atención a contingencias ambientales 49
7.4.5.2. Subprograma de seguridad y salud 51
7.4.6. Programa de Manejo Integral del Agua 53
7.4.7. Programa de educación ambiental 56
7.5. Programas Específicos de Manejo Ambiental referentes al Cambio de Uso de Suelo en Terrenos Forestales 57
7.6. Medidas de compensación para la fauna 60
7.6.1. Programa de ahuyentamiento, rescate selectivo de fauna 60
7.7. Medidas de compensación para el suelo 61
7.8. Medidas de prevención de desastres, reducción de vulnerabilidad y adaptación al cambio climático 62
7.9. SEGUIMIENTO Y CONTROL 68
7.10. INFORMACIÓN NECESARIA PARA LA FIJACIÓN DE MONTOS PARA FIANZAS 74
7.11. Estimación del Costo de las Actividades de Restauración con motivo del Cambio de Uso del Suelo 74
7.11.1. Preparación del sitio. 75
7.11.2. Producción de plantas. 75
7.11.3. Mantenimiento del área restaurada. 76

7.11.4. Monitoreo. 76
7.11.5. Asistencia Técnica..... 76
7.11.6. Análisis de la estructura y funcionalidad del ecosistema..... 77
7.12. CONCLUSIONES..... 80

7.1. INTRODUCCIÓN

El artículo 30 de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA) establece que:

> *"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****."*

Por lo anterior, en el Capítulo 5 de este DTU-BP se identificaron, evaluaron y describieron los posibles efectos en los ecosistemas (impactos ambientales) que potencialmente podría ocasionar el Proyecto en su zona de influencia. Con base en este análisis se determinó la necesidad de definir medidas y estrategias integrales de manejo que permitan la prevención, mitigación o compensación de los impactos ambientales que pudieran generarse.

En este capítulo, a partir de un planteamiento integral se presenta el ***Sistema de Manejo y Gestión Ambiental del Proyecto (SMGA)*** el cual se propone y somete a la consideración de la autoridad.

El Sistema de Manejo y Gestión Ambiental del Proyecto (**SMGA**), es un mecanismo operativo formado por un conjunto de programas, subprogramas y medidas que se encuentran racionalmente enlazados para cumplir el siguiente objetivo:

Implementar las obras e infraestructura previstas en el proyecto dentro de un marco específicamente diseñado a la prevención, mitigación y compensación de los impactos ambientales previstos por su desarrollo.

Lo anterior a través de los siguientes objetivos particulares:

• Conservar los recursos naturales de la zona en donde se desarrollará el proyecto.

• Generar los mecanismos para alcanzar una supervisión y vigilancia ambiental, eficaz, responsable y comprometida con la conservación de los recursos naturales.

• Fomentar las buenas prácticas ambientales siempre en apego al principio precautorio, garantizando así el menor impacto ambiental durante las diferentes etapas del proyecto.

• Establecer medidas específicas bajo calendarización que permitan un registro ordenado de todas las actividades vinculadas al proyecto.

• Garantizar el cumplimiento de todas las medidas de control, prevención, mitigación y manejo de impactos ambientales propuestos para cada una de las etapas del proyecto, a través de parámetros claros y sencillos, por medio de la vigilancia permanente.

7.2. SISTEMA DE MANEJO Y GESTIÓN AMBIENTAL

Como ya se mencionó, el SMGA, funciona a partir de Programas integrados por subprogramas, a su vez integrados por medidas. Todos esto dirigido al cumplimiento del objetivo general. Las medidas propuestas pretenden prevenir, mitigar o compensar los impactos identificados en el Capítulo 5, así como cualquier otro que pudiera ocurrir durante el desarrollo del Proyecto.

Cabe resaltar que el **Proyecto "Rotonda"** (en adelante "el proyecto") forma parte de Ciudad Mayakoba (antes "El Ximbal") que es un proyecto autorizado en materia de impacto ambiental y forestal. Como parte de la autorización de impacto ambiental, Ciudad Mayakoba, cuenta con un Sistema de Manejo y Gestión Ambiental que abarca a todos los proyectos que se realicen dentro del mismo, este se exhibe en la Tabla 7.1.

Tabla 7.1 Sistema de Manejo y Gestión Ambiental del proyecto Ciudad Mayakoba (antes el Ximbal) autorizado.

Programa	Clave	Subprograma	Clave
Supervisión Ambiental	**PSA**	Planificación y Gestión Ambiental	PSA-PGA
		Supervisión Ambiental	PSA-SA
Manejo Integral de Vegetación	**PMIV**	Áreas de Conservación	PMIV-AC
		Áreas Verdes	PMIV-AV
		Vivero y Rescate	PMIV-VR
		Reforestación	PMIV-R
Manejo Integral de Fauna	**PMIF**	Manejo y Rescate de Fauna	PMIF-MR
		Control de Fauna Nociva	PMIF-FN
Manejo Integral de Residuos	**PMIR**	Residuos Líquidos y Sanitarios	PMIR-L
		Residuos Sólidos	PMIR-S
		Residuos Peligrosos	PMIR-P
Difusión Ambiental	**PDA**	Educación y Capacitación Ambiental	PDA-C
		Imagen Ambiental y Señalamientos	PDA-IS
Monitoreo Ambiental	**PMA**	Monitoreo Calidad de Agua Subterránea	PMA-CAS
		Monitoreo de Vegetación	PMA-V
		Monitoreo de Fauna	PMA-F
Seguridad y Atención a Contingencias	**PSACA**	Salud y Seguridad	PSACA-SS
		Prevención y Manejo de Contingencias	PSACA-PMC
Programa de Responsabilidad Social y Cultural	**PRSC**	Desarrollo Social	PRSC-DS
		Desarrollo Cultural	PRSC-DC

En el Capítulo 5 de este DTU-BP se identificaron, evaluaron y describieron los posibles efectos en los ecosistemas (impactos ambientales) que potencialmente podría ocasionar el Proyecto en su zona de influencia. Con base en este análisis se determinó la necesidad de definir medidas y estrategias integrales de manejo que permitan la prevención, mitigación o compensación de los impactos ambientales que pudieran generarse.

En este capítulo, a partir de un planteamiento integral se presenta el Sistema de Manejo y Gestión Ambiental del Proyecto *"Rotonda"* el cual se propone y somete a la consideración de la autoridad. y que se describe en este capítulo, como un compromiso formal en la búsqueda de una implementación y desarrollo sustentable del Proyecto.

El Sistema de Manejo y Gestión Ambiental del Proyecto Rotonda (**SMGA-RT**), es un mecanismo operativo formado por un conjunto de programas, subprogramas y medidas que se encuentran racionalmente enlazados para cumplir los siguientes objetivos:

- Implementar las obras e infraestructura previstas en el proyecto dentro de un marco específicamente diseñado a la prevención, mitigación y compensación de los impactos ambientales previstos por su desarrollo.

- Contar con un instrumento práctico e integral para llevar a efecto en tiempo y forma las medidas de manejo de impactos ambientales comprometidas por el Proyecto en el presente DTU-BP.

- Integrar en este instrumento mecanismos específicos y acciones programadas que permitan dar atención y estricto cumplimiento tanto a los criterios de manejo previstos en el Programa de Ordenamiento aplicable al proyecto, como a los términos y condicionantes ambientales que la SEMARNAT imponga al mismo en el caso de que sea autorizado.

- Posibilitar dentro de un marco operativo específico, la verificación del estricto cumplimiento de la legislación y la normatividad ambiental federal y estatal aplicable al proyecto.

Lo anterior a través de los siguientes objetivos particulares:

- Conservar los recursos naturales de la zona en donde se desarrollará el proyecto.

- Generar los mecanismos para alcanzar una supervisión y vigilancia ambiental, eficaz, responsable y comprometida con la conservación de los recursos naturales.

- Fomentar las buenas prácticas ambientales siempre en apego al principio precautorio, garantizando así el menor impacto ambiental durante las diferentes etapas del proyecto.

- Establecer medidas específicas bajo calendarización que permitan un registro ordenado de todas las actividades vinculadas al proyecto.

- Garantizar el cumplimiento de todas las medidas de control, prevención, mitigación y manejo de impactos ambientales propuestos para cada una de las etapas del proyecto, a través de parámetros claros y sencillos, por medio de la vigilancia permanente.

7.3. ESTRUCTURA DEL SISTEMA DE MANEJO Y GESTIÓN AMBIENTAL (SMGA)

El SMGA-RT, funciona a partir de Programas, definidos como series ordenadas de operaciones o actividades, dirigidos al cumplimiento de uno o varios objetivos generales. Cada Programa a su vez engloba series más pequeñas de acciones dirigidas hacia un objetivo particular denominados Subprogramas.

Las acciones propuestas pretenden prevenir, mitigar o compensar los impactos identificados en el Capítulo 5, así como cualquier otro que pudiera ocurrir durante el desarrollo del Proyecto. Para identificar el tipo de acción de que se trate se han empleado los siguientes criterios de clasificación:

De prevención (P): acción que pretenden evitar efectos previsibles de deterioro ambiental[1]

De mitigación (M): acción que pretende atenuar los impactos ambientales.[2]

De compensación (C): acción que pretende igualar en sentido positivo los efectos negativos producidos al ambiente por el desarrollo del Proyecto.

Cabe resaltar que el Proyecto *"Rotonda"* forma parte de Ciudad Mayakoba (antes "El Ximbal") que es un proyecto autorizado en materia de impacto ambiental y forestal. Como parte de la autorización de impacto ambiental, Ciudad Mayakoba, cuenta con un Sistema de Manejo y Gestión Ambiental que abarca a todos los proyectos que se realicen dentro del mismo, este se exhibe en la siguiente tabla.

Tabla 7.2 Sistema de Manejo y Gestión Ambiental del proyecto Ciudad Mayakoba (antes "El Ximbal") autorizado

Programa	Clave	Subprograma	Clave
Supervisión Ambiental	**PSA**	Planificación y Gestión Ambiental	PSA-PGA
		Supervisión Ambiental	PSA-SA
Manejo Integral de Vegetación	**PMIV**	Áreas de Conservación	PMIV-AC
		Áreas Verdes	PMIV-AV
		Vivero y Rescate	PMIV-VR
		Reforestación	PMIV-R
Manejo Integral de Fauna	**PMIF**	Manejo y Rescate de Fauna	PMIF-MR
		Control de Fauna Nociva	PMIF-FN
Manejo Integral de Residuos	**PMIR**	Residuos Líquidos y Sanitarios	PMIR-L
		Residuos Sólidos	PMIR-S
		Residuos Peligrosos	PMIR-P
Difusión Ambiental	**PDA**	Educación y Capacitación Ambiental	PDA-C
		Imagen Ambiental y Señalamientos	PDA-IS
Monitoreo Ambiental	**PMA**	Monitoreo Calidad de Agua Subterránea	PMA-CAS

[1] Capítulo I, Artículo 3º, Fracción XIII del Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en materia de evaluación de impacto ambiental.
[2] Capítulo I, Artículo 3º, Fracción XIV del Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en materia de evaluación de impacto ambiental.

Programa	Clave	Subprograma	Clave
		Monitoreo de Vegetación	PMA-V

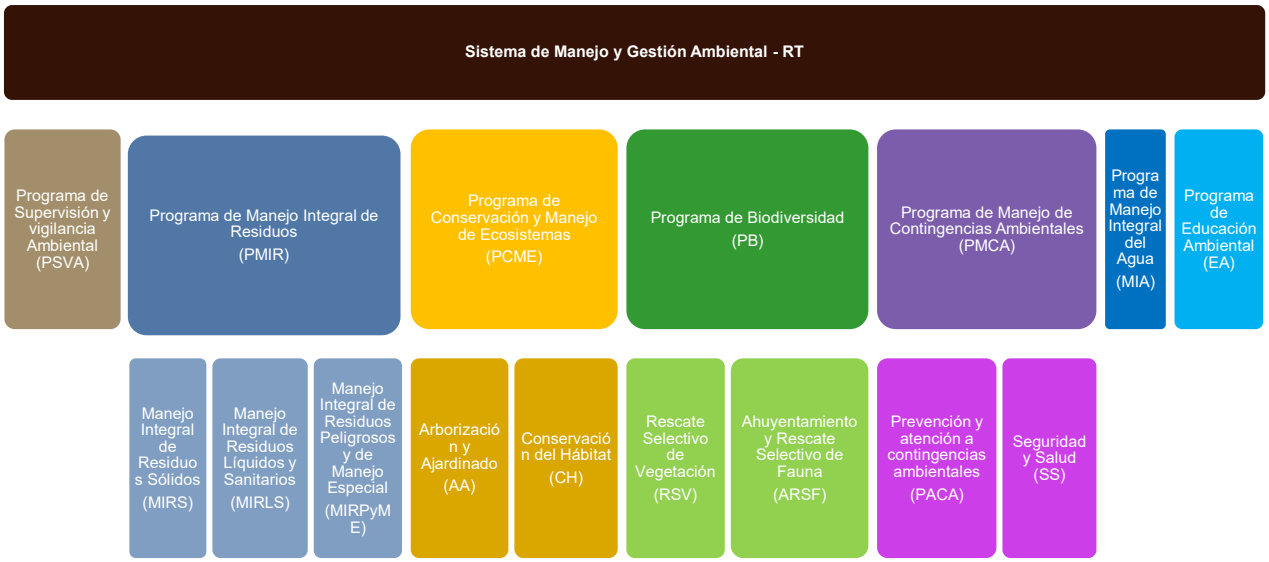
Fuente: (Elaboración Propia, 2025)

El SMGA-RT se alinea con el SMGA de Ciudad Mayakoba para atender de manera integral a los impactos ambientales que pudiera generar por el cambio de uso de suelo y la construcción y operación de este proyecto en congruencia con el resto de los proyectos dentro de Ciudad Mayakoba, a través de la implementación ordenada y conjunta de diversas medidas y acciones.

El SMGA-RT funciona a partir de programas, definidos como series ordenadas de operaciones o actividades, dirigidos al cumplimiento de uno o varios objetivos generales. Cada programa a su vez engloba series más pequeñas de acciones dirigidas hacia un objetivo particular denominadas subprogramas.

El diseño del SMGA-RT comprende 7 Programas y 9 Subprogramas, cuya descripción, finalidades, estrategias y acciones se describen más adelante en este capítulo.

Figura 7.1 Estructura del SMGA-RT



Fuente: (Elaboración Propia, 2025)

La estructura del SMGA permite mitigar, compensar o reducir al mínimo los impactos ambientales sobre los diversos factores del medio identificados como susceptibles a ellos, considerando siempre la temporalidad de cada una de las etapas del proyecto. Lo anterior permite que las medidas del SMGA sean adaptables y que puedan ser mejoradas o ajustadas en caso de ser necesario.

El eje rector del SMGA-RT es la legislación ambiental aplicable al proyecto desde todos los niveles de gobierno; Cada programa y subprograma está diseñado de tal forma que cumpla con lo dispuesto en los diversos criterios del Programa de Ordenamiento Ecológico General del Territorio (POEGT), Programa Ordenamiento Ecológico Local - Solidaridad y las Normas Oficiales Mexicanas aplicables**,** tal y como se presenta a continuación.

Tabla 7.3 Criterios ambientales de los ordenamientos ecológicos aplicables, contemplados por los Programas y Subprogramas del SMGA-RT

Instrumento	Política/Criterio	PMIR			PCME		PB		PMCA		PMIA	PEA
		MIRS	MIRLS	MIRP Y ME	CH	AA	RSV	ARSF	PACA	SS		
POEGT	Conservación in situ de los ecosistemas				X							
	Recuperación de especies en riesgo					X	X					
	Conocimiento, análisis y monitoreo de los ecosistemas y su biodiversidad				X							
	Aprovechamiento sustentable				X	X		X			X	
	Valoración de los servicios ambientales				X	X	X	X				
	Propiciar el equilibrio de las cuencas y acuíferos sobreexplotados										X	
	Reglamentar el uso del agua										X	X
	Protección de los ecosistemas				X	X		X				
	Racionalizar uso de agroquímicos				X	X	X	X				X
	Restauración de ecosistemas				X	X		X				
POEL-S	Rescate de vegetación CG-02, CU-02					X	X					
	Protección y rescate de fauna CG-03, CU-03							X				
	Usar vegetación nativa en áreas verdes CG-04, CU-04					X	X	X				
	Recuperación de tierra vegetal CG-06, CU-06					X	X					
	Separar drenaje pluvial de sanitario CG-08, CU-07										X	
	Solo usar agroquímicos autorizados por la CICOPLAFEST CG-11, CU-10					X	X					
	Prohibida la introducción de especies exóticas o invasoras CG-14				X	X						
	Manejo y almacenamiento de residuos CG-21, CU-33	X	X	X								X
	Almacén de residuos peligrosos CG-23, CU-14			X								X
	Capacitación ambiental CG-30								X	X		X
	Plan de Manejo de Residuos CG-35	X	X	X								X
	Mantener en pie árboles con diámetro igual o mayor a 40 cm CU-27				X	X	X					
	Humedecer materiales pétreos y cubrirse con lonas durante su transporte CU-31	X								X		X

Fuente: (Elaboración Propia, 2025)

PMIR: Programa de Manejo Integral de Residuos; MIRS: Subprograma de Manejo Integral de Residuos Sólidos; MIRLS: Subprograma de Manejo Integral de Residuos Líquidos y Sanitarios; MIRPyME: Subprograma de Manejo Integral de Residuos Peligrosos y de Manejo Especial; PCME: Programa de Conservación y Manejo de Ecosistemas; AA: Subprograma de Arborización y Ajardinado; CH: Subprograma de Conservación de Hábitat; PB: Programa de Biodiversidad; RSV: Rescate Selectivo de Vegetación; ARSF: Subprograma de Ahuyentamiento y Rescate Selectivo de Fauna; PMCA: Programa de Manejo de Contingencias Ambientales, PACA: Subprograma de Prevención y Atención a Contingencias Ambientales, SS: Subprograma de Seguridad y Salud; MIA: Programa de Manejo Integral del Agua; PEA: Programa de Educación Ambiental.

Tabla 7.4 NOMS aplicables al Proyecto, y su relación con Programas y Subprogramas del SMGA del proyecto.

Norma Oficial Mexicana	PMIR			PCME		PB		PMCA
	MIRS	MIRLS	MIRP y ME	CH	AA	RSV	ARSF	PACA
NOM-052-SEMARNAT-2005, Que establece las características, el procedimiento de identificación, clasificación y los listados de los residuos peligrosos.			X					
NOM-054-SEMARNAT-1993, Que establece el procedimiento para determinar la incompatibilidad entre dos o más residuos considerados como peligrosos.			X					
NOM-061-SEMARNAT-2011, Que establece los criterios para clasificar los residuos de manejo especial y determinar cuáles están sujetos a plan de manejo; el listado de los mismos, el procedimiento para la inclusión a dicho listado; así como los elementos y procedimientos para la formulación de planes de manejo			X					
NOM-076-SEMARNAT-2012, Que establece los niveles máximos permisibles de emisión de hidrocarburos no quemados, monóxido de carbono y óxidos de carbono y óxidos de nitrógeno provenientes del escape, así como de hidrocarburos evaporativos provenientes del sistema de combustible, que usan gasolina, gas licuado de petróleo, gas natural y otros combustibles alternos y que se utilizarán para la propulsión de vehículos automotores con peso bruto vehicular mayor de 3,857 kilogramos nuevos en planta.	X							
NOM-077-SEMARNAT-1995, Que establece el procedimiento de medición para la verificación de los niveles de emisión de la opacidad del humo proveniente del escape de los vehículos automotores en circulación que usan diésel como combustible.	X							
NOM-080-SEMARNAT-1994, Que establece los límites máximos permisibles de emisión de ruido proveniente del escape de los vehículos automotores, motocicletas y triciclos motorizados en circulación, y su método de medición.				X				
NOM-081-SEMARNAT-1994, Que establece los límites máximos permisibles de emisión de ruido de las fuentes fijas y su método de medición.				X				
NOM-085-SEMARNAT-2011, Contaminación atmosférica-Niveles máximos permisibles de emisión de los equipos de combustión de calentamiento indirecto y su medición.	X							

Norma Oficial Mexicana	PMIR			PCME		PB		PMCA
	MIRS	MIRLS	MIRP y ME	CH	AA	RSV	ARSF	PACA
NOM-138-SEMARNAT-SSA1-2012, Límites máximos permisibles de hidrocarburos en suelos y las especificaciones para su caracterización y remediación.	X	X	X					
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.				X	X			
NOM-001-STPS-2008, Edificios, locales, instalaciones y áreas en los centros de trabajo- Condiciones de seguridad e higiene.								X
NOM-002-STPS-2010, Condiciones de seguridad Prevención, protección y combate de incendios en los centros de trabajo.								X
NOM-017-STPS-2008, Relativa al equipo de protección personal para los trabajadores en los centros de trabajo.								X
NOM-025-STPS-2008, Condiciones de iluminación en los centros de trabajo.								X
NOM-003-SEGOB-2002, Señales y Avisos para Protección Civil. Colores, formas y símbolos a utilizar.								X

Fuente: (Elaboración Propia, 2025)

PMIR: Programa de Manejo Integral de Residuos; MIRS: Subprograma de Manejo Integral de Residuos Sólidos; MIRLS: Subprograma de Manejo Integral de Residuos Líquidos y Sanitarios; MIRP y ME: Subprograma de Manejo Integral de Residuos Peligrosos y de Manejo Especial; PCME: Programa de Conservación y Manejo de Ecosistemas; CH: Subprograma de Conservación de Hábitat; AA: Subprograma de Arborización y Ajardinado; BD: Programa de Biodiversidad; RSV: Subprograma de Rescate Selectivo de Vegetación; ARSF: Subprograma de Ahuyentamiento y Rescate selectivo de Fauna;; PMCA: Programa de Manejo de Contingencias Ambientales, PACA: Subprograma de Prevención y Atención a Contingencias Ambientales.

7.4. PROGRAMAS DEL SISTEMA DE MANEJO Y GESTIÓN AMBIENTAL

A continuación, se presentan los Programas y Subprogramas que conforman el SMGA del proyecto, y se describen sus objetivos y las medidas que los componen. Cabe señalar que, el Programa de Supervisión Ambiental funciona como un mecanismo de regulación, verificación y supervisión del resto de los Programas, para garantizar su funcionamiento y mejorar su efectividad, por lo que no tiene medidas específicas.

A partir del análisis la *Matriz de Subprogramas del SMGA-RT e impactos negativos sobre los que inciden las acciones que engloban* se observa que:

- Considerando que el total de medidas propuestas es de 71, con las cuales se busca atender 15 impactos identificados, el número total de interacciones posibles entre las acciones o medidas de mitigación/prevención que inciden sobre los impactos identificados es de 1,065 de las cuales 319 fueron efectivas.

- Del total de interacciones efectivas, 69 corresponden a medidas que inciden sobre los impactos a forma de mitigación mientras que las 250 corresponden a medidas de prevención.

- Los impactos con mayor numero interacciones es decir sobre los cuales incide mayor número de medidas propuestas, son 1) Alteración en la calidad del agua por generación de residuos sólidos, líquidos y peligrosos con 39 interacciones, y 2) Alteración en la calidad del suelo por generación de residuos sólidos, líquidos y peligrosos, con un total de 36 interacciones

- Asimismo, los factores sobre los cuales inciden mayor número de medidas son el suelo con 58 interacciones y el agua con 57 interacciones.

- El programa del SMGA que incide en sobre una mayor numero de impactos es el Programa de Conservación y Manejo de Ecosistemas que atiende 12 de los 15 impactos estimados, En segundo lugar, se encuentra el Programa de Manejo Integral de Residuos, el cual incide sobre 12 de los 15 impactos.

- Finalmente, 46 de las 71 medidas propuestas corresponden a medidas de *prevención de desastres, reducción de vulnerabilidad y adaptación al cambio climático*.

7.4.1. Programa de supervisión y vigilancia ambiental.

La verificación del cumplimiento de todas las medidas propuestas en el SMGA se realizará a través de este programa, el cual funcionará como un mecanismo de regulación, verificación y supervisión del resto de los programas, lo que permitirá garantizar su funcionamiento y mejorar su efectividad. La supervisión y vigilancia ambiental estará presente durante todas las etapas del proyecto a través de inspecciones al sitio para identificar impactos no previstos y en su caso, emitir las recomendaciones y establecer los lineamientos para remediarlas de manera inmediata.

Mediante la implementación de las acciones que permiten cumplir los objetivos de cada uno de los Programas y Subprogramas del SMGA-RT se prevendrán o mitigarán los impactos identificados en el Capítulo 5 del este DTU-BP.

Sus objetivos son:

- Orientar, coordinar, ejecutar y dar seguimiento a todas las actividades incluidas en el SMGA
- Establecer los mecanismos de mejora continua y adaptación en el manejo y gestión ambiental.
- Verificar el cumplimiento de las diferentes obligaciones y compromisos ambientales a través de los reportes de cumplimiento.
- Supervisar las medidas de prevención, control y mitigación de los impactos ambientales identificados en las etapas de Preparación, Construcción, Operación y Mantenimiento del proyecto
- Verificar que las actividades se den de acuerdo al programa de obra comprometido por el proyecto y a los parámetros de modificación y aprovechamiento autorizados.

Los supervisores ambientales deberán verificar el cumplimiento de las obligaciones ambientales del proyecto, incluyendo las medidas de mitigación que se comprometen en el presente documento, los criterios del Ordenamiento Ecológico correspondiente y otros instrumentos de ordenamiento aplicables, así como lo establecido en la legislación y normatividad ambiental federal y estatal aplicables al proyecto y las disposiciones que pudiesen surgir de la autorización del presente DTU-BP.

Para llevar a cabo adecuadamente la supervisión ambiental durante todas las etapas del proyecto, se deberán establecer acuerdos específicos con el responsable durante la etapa que corresponda, de tal forma que se garantice el cumplimiento de las obligaciones ambientales. Dicho responsable será también la vía de comunicación mediante la cual se dará atención a los requerimientos de la supervisión ambiental que necesiten autorización oficial previa y/o la implementación de medidas ambientales adicionales a las establecidas en este SMGA.

Como apoyo para facilitar la supervisión ambiental, el proyecto contará con un reglamento para los obreros, contratistas, prestadores de servicios y demás personal requerido durante

las etapas de preparación y construcción, y otro para los propietarios que aplicará durante la etapa de operación y mantenimiento.

A continuación, se presenta el programa y medidas que lo integran:

Tabla 7.5 Programa de Supervisión y Vigilancia Ambiental

Programa de supervisión y vigilancia ambiental								
Incidencia directa sobre impactos: No aplica.								
Incidencia indirecta sobre impactos: Todos los enlistados en el Capítulo 5.								
Medidas	Descripción	Etapas			Tipo			
		P	C	OM	P	M	C	
1.Cumplimiento de obligaciones ambientales.	Consistirá en la verificación directa del cumplimiento estricto de las obligaciones ambientales del Proyecto, incluyendo: •Las medidas de mitigación que se contemplan en el presente DTU-BP. •La legislación y normatividad ambiental federal y estatal aplicable al proyecto •Las disposiciones que surjan en la autorización del DTU-BP, información adicional y/o complementaria.	X	X	X	X	X		
2.Supervisión y monitoreo ambiental en apego al programa del Proyecto.	Consistirá en el establecimiento de acuerdos específicos para garantizar el cumplimiento de las obligaciones ambientales durante las diferentes etapas del proyecto. Se dará seguimiento al cumplimiento en tiempo y forma de las determinaciones contempladas en los procesos de planeación y gestión, a través del responsable de la obra. Se deberá poner especial atención a la identificación de cambios que requieran autorización oficial previa y/o la implementación de medidas ambientales adicionales, asegurando la menor afectación ambiental. Asimismo, se contemplan acciones de monitoreo ambiental en apego al programa del Proyecto (Capítulo 2).	X	X	X	X	X		
3. Generación de reportes de cumplimiento.	Descripción: Consistirá en la presentación por escrito de los resultados de la supervisión del proyecto durante cada una de sus etapas. Se deberán incluir evaluaciones cuantitativas de desempeño del proyecto basadas en el número de acciones efectivas llevadas a cabo en tiempo y forma, número de sanciones recibidas por el Proyecto, número de reconocimientos en material ambiental o de desarrollo socio-cultural recibidos por el Proyecto, número de certificaciones en materia ambiental obtenidas por el Proyecto. Los reportes de cumplimiento deberán estar sustentados en la información vertida en las bitácoras de los Programas del SMGA, así como en la bitácora de supervisión, las cuales deberán estar disponibles para su revisión por las autoridades competentes cuando lo requieran.	X	X	X	X	X		
Indicadores de éxito:								
1. Lista de chequeo de obligaciones ambientales. 2. Calendario ambiental. 3. Agenda ambiental. 4. Porcentaje de cumplimiento de términos y condicionantes. 5. Número de informes de cumplimiento de términos y condicionantes ingresados a la autoridad en tiempo y forma.								

Fuente: (Elaboración Propia, 2025)

7.4.2. Programa de Manejo Integral de Residuos

En el capítulo 5 de este DTU-BP se identificó a la contaminación del suelo y la del agua como impactos negativos que podrían ser generados por el un mal manejo de los residuos sólidos, líquidos, peligros y de manejo especial. Así mismo, se identificó que el proyecto generará residuos de índole diversa durante sus tres etapas. Por lo anterior, se presenta el Programa de Manejo Integral de Residuos.

Sus objetivos son:

- Reducir al máximo los riesgos de contaminación al suelo y al agua que pudieran ocurrir durante cualquier etapa de desarrollo del proyecto;
- Implementar medidas que aseguren que el proyecto se apega a la legislación aplicable en materia de residuos.

Para lograr los objetivos planteados el Programa se ha dividido en tres subprogramas que atienden cada uno a un tipo de residuo diferente según la clasificación manejada en la legislación vigente.

7.4.2.1. Subprograma de Manejo Integral de Residuos Sólidos

Este subprograma está conformado por 16 medidas y sus objetivos son:

- Garantizar que el manejo de los residuos sólidos generados por el proyecto se apegue a lo establecido en la legislación vigente.
- Disminuir el riesgo de contaminación al suelo y al agua debido a los residuos sólidos generados por el desarrollo del proyecto.

Las medidas que se implementarán como parte de este subprograma son las siguientes:

Programa de manejo integral de residuos
Subprograma de manejo integral de residuos sólidos
Incidencia directa sobre impactos: Contaminación por residuos (factor agua), Contaminación por residuos (factor suelo), y Pérdida de individuos (vegetación).
Incidencia indirecta sobre impactos: Fortalecimiento de las capacidades de usuarios y trabajadores, Modificación visual del paisaje y Pérdida o ahuyentamiento de individuos (fauna).

Las diferentes acciones que se implementarán como parte de este subprograma son:

Acción 1	P	C	O
Los residuos sólidos se deberán acopiar de manera separada de acuerdo con su tipo en contenedores específicos en sus tres etapas de desarrollo.	x	x	x
Indicadores de desempeño:			
• Presencia de contenedores con tapa señalizados para cada tipo de residuo sólido en cada frente de trabajo	x	x	x

Durante las etapas de preparación y construcción del Proyecto, los residuos sólidos generados se deberán acopiar de manera separada en contenedores.

Acción 2	P	C	O
Se deberán colocar contenedores para residuos sólidos apropiados para cada tipo de residuo en diversas áreas del proyecto cercanas a los frentes de trabajo.	x	x	
Indicadores de desempeño:			
Presencia de contenedores de material y tamaño adecuados para el tipo y volumen de residuos a generar ubicados en cada frente de trabajo	x	x	x

Durante la etapa de operación se promoverá entre los propietarios la separación de residuos sólidos y se les incentivará para que participen en campañas de reciclaje realizadas de manera regular por el Municipio o que los envíen a sitios de reciclaje autorizados. Durante la etapa de operación se conminará a los propietarios de los lotes a instalar contenedores plásticos con tapa, de tamaño variable de acuerdo con el volumen de residuos que esperan generar.

Acción 3	P	C	O
Elaboración de Mulch con los residuos orgánicos de las áreas verdes.	x	x	x
Indicadores de desempeño:			
• Volumen de Mulch generado por el proyecto de forma anual. • Calidad del Mulch generada por el proyecto, sin presencia de fauna nociva ni de malos olores.	x x	x x	x x

Durante las etapas de preparación y construcción, los residuos de origen vegetal que se generen y que podrán proceder de las labores de desmonte y despalme durante la etapa de preparación, de los residuos de los alimentos (no procesados) durante la construcción, o de las áreas verdes comunes durante la de operación, serán trasladados al vivero contemplado para el proyecto para la generación de Mulch. Este generada se usará en las labores de reforestación y mejoramiento de las áreas verdes que lo requieran. Se invitará a los residentes a preparar Mulch casero a partir de los residuos orgánicos generados para el mejoramiento de sus áreas verdes.

Acción 4	P	C	O
Los residuos inorgánicos reciclables deberán acopiarse por separado de acuerdo con su tipo. Se deben colocar limpios y compactados para ser recolectados por la empresa elegida, la cual deberá encontrarse debidamente autorizada.	x	x	x
Indicadores de desempeño:			
• Volumen o peso por tipo de residuo acopiado y entregados al recolector responsable.	x	x	x
• Comprobantes de entrega de residuos inorgánicos reciclables a la empresa elegida.	x	x	x

Para disminuir el impacto ambiental de las obras y actividades mencionadas, siempre que sea posible ambiental, técnica y económicamente, se reutilizarán los materiales que se encuentren en buenas condiciones. La reutilización de dichos residuos deberá efectuarse sin que medie un proceso de transformación. En caso de que esto no sea posible los materiales reciclables tales como vidrio, papel y cartón, aluminio y plásticos se acopiarán de forma separada para poder canalizarse a empresas recicladoras debidamente autorizadas.

Acción 5	P	C	O
Los residuos inorgánicos reciclables y no reciclables se deberán acopiar en instalaciones apropiadas.	x	x	x
Indicadores de desempeño:			
• El proyecto cuenta con almacén de residuos sólidos con dimensiones y diseño que permita la separación adecuada de los residuos inorgánicos reciclables de los no reciclables.	x	x	x
• Los materiales, dimensiones y diseño del o los almacenes de residuos inorgánicos reciclables cumplen con las especificaciones solicitadas en materia de impacto ambiental.	x	x	x

Durante la preparación y construcción, los residuos inorgánicos reciclables se deberán acopiar en almacenes temporales de dimensiones y características apropiadas, hechos de material no combustible y piso impermeable, que deberán estar techado para evitar la acumulación de agua de lluvia. Cada almacén deberá encontrarse debidamente rotulado para indicar el tipo de residuo que contienen.

Acción 6	P	C	O
Los residuos de origen vegetal producto de las labores de desmonte y despalme, serán triturados para utilizarlos dentro de las áreas verdes del proyecto.	x	x	
Indicadores de desempeño:			
• Volumen de material vegetal triturado por trimestre.	x	x	

Durante las etapas de preparación y construcción, los residuos generados por el despalme y desmonte del predio se triturarán; el producto de este triturado se reincorporará a las áreas verdes comunes.

Acción 7	P	C	O
Colocar señalizaciones que indiquen los procedimientos y áreas adecuadas para la separación de residuos.	x	x	x
Indicadores de desempeño:			
• Presencia de señalamientos en áreas visibles y aledañas a caminos, accesos y áreas de trabajo	x	x	x
• Representatividad de los mensajes establecidos en los señalamientos de tal forma que se cubran todas las medidas de prevención establecidas en esta DTU-BP que corresponda realizar al personal de obra y operativo, así como a los usuarios	x	x	x

Durante todas las etapas del proyecto se colocarán señalamientos en las áreas donde se ubiquen contenedores o en los almacenes de residuos correspondientes que sirvan de referencia para todo el personal y usuarios del proyecto en cuanto a los procedimientos y contenedores designados para la separación de residuos. De esta manera se evitará mezclar involuntariamente los mismos y se hará más eficiente su manejo.

Figura 7.2 Ejemplo de los señalamientos para los contenedores que se colocarán en las áreas de almacenes de residuos para fomentar su separación adecuada.



Acción 8	P	C	O
Mantener humedecido y cubierto todo el material en forma de polvo que se utilice, produzca o transporte.	x	x	
Indicadores de desempeño:			
• La vegetación se encuentra limpia de polvos • Los acopios de polvos y arenas se encuentran cubiertos en todo momento • Las arenas y polvos se transportan en vehículos cubiertos en todo momento	x x x	x x x	

Todos los agregados que se utilicen durante las diferentes etapas del proyecto deberán ser cubiertos con lonas en las zonas de acopio y para su transporte.

Los vehículos que transporten materiales serán cubiertos con mantas o lonas para evitar que se derramen o caigan materiales y deberán contar con su mantenimiento. Se recomienda llevar una bitácora con el registro de mantenimiento de cada vehículo y maquinaria pesada en la que se demuestren las condiciones adecuadas para su operación y mantenimiento.

Acción 9	P	C	O
Mantener en buen estado el equipo y maquinaria	x	x	
Indicadores de desempeño:			
• Revisión diaria de la maquinaría, para verificar que se encuentre en buenas condiciones y que no presenta fugas de aceite o combustible.	x	x	x

El equipo deberá estar en buen estado, afinada para eficientizar las horas de trabajo, y la reparación de estas deberá ser fuera del predio

Acción 10	P	C	O
Mantenimiento periódico de la maquinaria y vehículos	x	x	
Indicadores de desempeño:			
• Número de mantenimientos efectuados al mes respecto al número de mantenimientos programados para el periodo.	x	x	

La maquinaria y los vehículos automotores que se utilicen durante el proyecto, deben recibir mantenimiento, para evitar la contaminación atmosférica, por emisiones de humos y gases. Se deberá programar el mantenimiento periódico de los vehículos, maquinaria y equipo necesario en las diferentes etapas del proyecto, siguiendo recomendación de los fabricantes y conforme a lo establecido por la NOM-080-ECOL-1994.

Acción 11	P	C	O
No mantener vehículos, maquinaria o equipo encendidos innecesariamente	x	x	x
Indicadores de desempeño:			
• La maquinaria y los vehículos solo se encuentran encendidos cuando están participando en alguna obra o actividad del proyecto y se encuentran presentes sus operadores respectivos.	x	x	x

Acción 12	P	C	O
Riego periódico en zonas de generación de polvos.	x	x	
Indicadores de desempeño:			
• m^3 de agua utilizada para el riego	x	x	

Acción 13	P	C	O
Transporte y disposición final de los residuos sólidos durante las distintas etapas de desarrollo del proyecto por empresas acreditadas.	x	x	x
Indicadores de desempeño:			
• Contratos vigentes de servicios proporcionados por empresas acreditadas para la recolección, transporte y disposición final de los residuos sólidos generados por el proyecto. • Facturas correspondientes a los servicios de recolección de residuos sólidos generados por el proyecto, por parte de empresas acreditadas.	x x	x x	x x

Acción 14	P	C	O
Realizar trabajos preventivos antes del temporal de lluvias consistentes en la limpieza, desazolve, retiro de escombros u obstrucciones en las vías de comunicación del proyecto a fin de reducir riesgos de inundación y contaminación.	x	x	x
Indicadores de desempeño:			
• Número trabajos preventivos realizados previo a la temporada de lluvias / número de trabajos programados	x	x	x

Durante todas las etapas del proyecto se realizarán trabajos preventivos antes del temporal de lluvias consistentes en la limpieza, desazolve, retiro de escombros u obstrucciones en las vialidades a fin de reducir riesgos de inundación y contaminación.

Acción 15	P	C	O
Limpiar periódicamente las cunetas de las vialidades retirando la acumulación de residuos, tierra, restos de llantas, ramas y cuerpos extraños que sean colocados en las vialidades.			x
Indicadores de desempeño:			
• Número de mantenimientos efectuados / número de mantenimientos programados anualmente			x

Durante la etapa de operación del proyecto se realizará limpieza de la superficie de rodamiento y drenaje superficial de las vialidades, retirando la acumulación de residuos, tierra, restos de llantas, ramas y en general cuerpos extraños que sean colocados sobre la carpeta o las bermas, limpiándolas periódicamente.

Acción 16	P	C	O
Quedará estrictamente prohibida la quema de cualquier tipo de residuo.	x	x	x
Indicadores de desempeño:			
• Número de registros que evidencien la quema de residuos = 0	x	x	x

Se verificará en todo momento que no se realicen fogatas o la quema de materiales dentro del terreno.

Tabla 7.6 Clasificación y manejo de residuos sólidos de acuerdo con su tipo

Categoría	Residuos	Contenedores	Manejo
Residuos orgánicos aptos para Mulch	Residuos del desmonte y labores de jardinería (ramas, hojas, troncos) Residuos de alimentos de origen vegetal (frutas y verduras)	Contenedores plásticos con tapa, de tamaño variable de acuerdo al volumen de residuos generado por área.	Traslado al Vivero del proyecto en el área de Mulch para su integración a la formación de abono.
Residuos orgánicos no aptos para composta	Residuos orgánicos de origen animal (huesos, lácteos, cascarones de huevo, carnes y derivados) Residuos de origen vegetal contaminados con residuos peligrosos.	Contenedores plásticos con tapa hermética de tamaño variable de acuerdo al volumen generado por área.	Traslado al almacén de residuos para su recolección por el camión recolector.
Residuos inorgánicos reciclables	Cartón y papel Vidrio Plásticos reciclables Aluminio Tetrapacks	Contenedores plásticos de tamaño variable de acuerdo al volumen generado por área	Durante todas las etapas del proyecto serán trasladados al almacén temporal de residuos reciclables para su recolección por compañías

Categoría	Residuos	Contenedores	Manejo
			especializadas certificadas para su traslado a centros de acopio y reciclaje.
Residuos inorgánicos no reciclables	Plásticos no reciclables Otros materiales no aptos para su reciclaje como desechos sanitarios, PVC, metales y escombro.	Contenedores plásticos de tamaño variable de acuerdo al volumen generado por área.	Durante todas las etapas del proyecto se trasladarán al almacén temporal de residuos no reciclables para su recolección por el camión municipal recolector.

Fuente: (Elaboración Propia, 2025)

Los residuos inorgánicos reciclables deberán manejarse de acuerdo con lo establecido en la siguiente tabla:

Tabla 7.7 Manejo y disposición temporal de residuos sólidos inorgánicos reciclables por parte del proyecto.

Tipo de residuo	Manejo y acopio temporal
Papel y cartón	Deberá compactarse y mantenerse seco.
Tonners	Deberán acopiarse en contenedores plásticos de tamaño adecuado para su entrega a compañías certificadas para su reutilización.
PET y PEAD	Deberán acopiarse limpios y secos en el almacén de residuos sólidos reciclables para su entrega a una empresa acreditada para su manejo y traslado a centros de acopio o reciclaje.
Vidrio	Deberán acopiarse limpios, secos y en buen estado (no rotos) en el almacén de residuos sólidos reciclables para su entrega a una empresa acreditada para su manejo y traslado a centros de acopio o reciclaje.
Aluminio	Deberán acopiarse limpios, secos y compactados en el almacén de residuos sólidos reciclables para su entrega a una empresa acreditada para su manejo y traslado a centros de acopio o reciclaje.
Tetrapack	Deberán acopiarse limpios, secos y compactados en el almacén de residuos sólidos reciclables para su entrega a una empresa acreditada para su manejo y traslado a centros de acopio o reciclaje.
Neumáticos	Deberán acopiarse en un área protegida de la lluvia para evitar que acumulen agua y entregarse a una empresa acreditada para su manejo y traslado a centros de acopio y transformación para reutilización del material.
Escombro	Deberá acopiarse en un área designada para ello dentro de la zona industrial en donde será recolectado para su disposición final por una empresa debidamente acreditada para ser llevado a donde indique la autoridad competente.

Fuente: (Elaboración Propia, 2025)

7.4.2.2. Subprograma de Manejo Integral de Residuos Líquidos y Sanitarios

Este subprograma tiene los siguientes objetivos:

- Garantizar que el manejo de los residuos líquidos generados por el proyecto se apegue a lo establecido en la legislación aplicable.
- Garantizar que el tratamiento que se dé a las aguas residuales generadas por el proyecto sea el adecuado para cumplir con la normatividad y legislación aplicables.
- Disminuir el riesgo de contaminación del suelo y el agua debido a los residuos líquidos generados por el proyecto.

Las medidas que se deberán implementar durante el desarrollo del proyecto y así como en qué etapas se describen a continuación.

Programa de manejo integral de residuos
Subprograma de manejo integral de residuos líquidos y sanitarios
Incidencia directa sobre impactos: Contaminación por residuos (factor agua) y contaminación por residuos (factor suelo).
Incidencia indirecta sobre impactos: Fortalecimiento de las capacidades de usuarios y trabajadores, Modificación del paisaje, Pérdida o desplazamiento de individuos de fauna y Pérdida de individuos.

Las acciones que se deberán implementar durante el desarrollo del proyecto y así como en qué etapas se describen a continuación.

Acción 17	**P**	**C**	**O**
Colocación de sanitarios portátiles en áreas accesibles y cercanas a los frentes de trabajo a razón de uno por cada veinticinco trabajadores.	**x**	**x**	
Indicadores de desempeño:			
• Presencia de sanitarios portátiles en la razón de uno por cada 20 trabajadores, que corresponda al número de trabajadores registrados en el proyecto. • Los sanitarios portátiles se ubican en todos los frentes de trabajo. • Los sanitarios portátiles se encuentran en buen estado, funcionan adecuadamente y están limpios.	**x** **x** **x**	**x** **x** **x**	

Se colocará un sanitario portátil por cada 25 trabajadores. El espacio mínimo por cabina de evacuación será de 1.2 m^2 con una altura de 2.3 m. Deberán contar con puertas de ventilación superior e inferior y encontrarse equipados con lo mínimo necesario (papel higiénico, descarga automática de agua y conexión a tanque contenedor). Se ubicarán a no más de 50 m de cada frente de obra, del campamento de obreros y del comedor. Su número se deberá adecuar en función de la cantidad de trabajadores que corresponda a cada frente de trabajo.

Acción 18	P	C	O
La limpieza de los sanitarios portátiles y el manejo de los residuos generados por su uso los realizará una empresa especializada y acreditada por las autoridades competentes.	x	x	
Indicadores de desempeño:			
• Contrato de prestación de servicios vigente celebrado entre el proyecto y empresa debidamente autorizada especializada en la limpieza de los sanitarios portátiles y la recolección de los residuos sanitarios / número de sanitarios colocados	x	x	
• Facturas que comprueben la prestación del servicio de limpieza y mantenimiento de los sanitarios portátiles por parte de empresa especializada.	x	x	

Los sanitarios portátiles deberán ser atendidos en cuanto a su mantenimiento y limpieza por una empresa especializada y acreditada para ello por las autoridades competentes. Dicha empresa deberá hacerse cargo de retirar los residuos generados por el uso de los sanitarios y manejarlos adecuadamente.

Acción 19	P	C	O
Colocación de contenedores especiales para el acopio de residuos líquidos no peligrosos generados por los trabajadores, en áreas cercanas a los frentes de trabajo.	x	x	
Indicadores de desempeño:			
• Presencia de contenedores de material y tamaño adecuados para los residuos líquidos no peligrosos ubicados en todos los frentes de trabajo.	x	x	

Se deberán colocar contenedores plásticos o metálicos sin fugas y con tapa, de tamaño suficiente para contener residuos líquidos no peligrosos generados por los trabajadores del proyecto durante las etapas de preparación y construcción, tales como residuos de comida o agua. Dichos contenedores deberán vaciarse periódicamente y el contenido ser llevado a un lugar adecuado para su tratamiento por una empresa especializada y acreditada para ello por las autoridades competentes.

Acción 20	P	C	O
Se promoverá entre los residentes el uso de productos químicos biodegradables en la limpieza de baños, cocinas y demás instalaciones.			x
Indicadores de desempeño:			
• Número de campañas o medios de difusión utilizados para la promoción del uso de productos químicos biodegradables entre los residentes anualmente			x

Con el fin de evitar la contaminación del agua por productos químicos peligrosos o no biodegradables que pudieran ser vertidos al drenaje por los propietarios y afectar las tuberías o el funcionamiento de la PTAR municipal, se usarán únicamente productos biodegradables para la limpieza de las áreas públicas del proyecto.

7.4.2.3. Subprograma de Manejo Integral de Residuos Peligrosos y de Manejo Especial

En este subprograma se establecen las medidas para manejar los residuos clasificados como peligrosos y de manejo especial. Los objetivos de este subprograma son los siguientes:

- Garantizar que los residuos peligrosos, de manejo especial generados por el desarrollo del proyecto se manejen de acuerdo a lo que establece la legislación vigente.

- Garantizar que las áreas designadas para el acopio temporal de los residuos peligrosos generados por el proyecto cumplan con los requerimientos establecidos en la legislación aplicable.

- Disminuir los riesgos de contaminación al medio relacionados con los residuos peligrosos generados por el desarrollo del proyecto.

Las medidas que contempla este subprograma se presentan a continuación.

Programa de manejo integral de residuos
Subprograma de manejo integral de residuos peligrosos y de manejo especial
Incidencia directa sobre impactos: Contaminación por residuos (factor agua) y Contaminación por residuos (factor suelo).
Incidencia indirecta sobre impactos: Fortalecimiento de las capacidades de usuarios y trabajadores, Modificación del paisaje, Pérdida o desplazamiento de individuos de fauna y Pérdida de individuos de flora.

Acción 21	P	C	O
Confinamiento temporal de los residuos peligrosos según su tipo en un almacén con las características requeridas por las autoridades competentes.	x	x	
Indicadores de desempeño:			
• Plano con la ubicación del almacén temporal de residuos peligrosos	x	x	

El proyecto generará durante las etapas de preparación y construcción, diversos residuos considerados peligrosos, tales como envases o textiles con pinturas o solventes, baterías, equipo eléctrico, combustibles, entre otros. Para evitar el riesgo de contaminación al ambiente durante las etapas de preparación y construcción se destinará un área específica para la construcción de un almacén de residuos peligrosos que cubra las especificaciones establecidas en la ley, entre ellas las que se enlistan a continuación:

- Encontrarse alejado de las áreas de producción, servicios, oficinas y almacenamiento de materias primas o productos terminados.
- Encontrarse cerca de las áreas de generación de ese tipo de residuos.
- Ubicarse en un área que reduzca los riesgos por posibles emisiones, fugas, incendios, explosiones e inundaciones.
- Construirse con material no combustible, con techo y piso impermeable y sistemas de contención de derrames.
- Contar con señalamientos y letreros alusivos a la peligrosidad y los riesgos de los residuos almacenados.

Figura 7.3 Modelo de almacén temporal para residuos peligrosos generados durante las etapas de preparación y construcción.



Acción 22	P	C	O
Establecer lineamientos claros para la disposición temporal de los residuos peligrosos de acuerdo a su tipo y para su registro en bitácora	x	x	
Indicadores de desempeño:			
• Registros en bitácora del almacén de residuos peligrosos.	x	x	

Los residuos peligrosos generados durante las etapas de preparación y construcción del proyecto deberán manejarse de diferente manera según sus características particulares, en apego a lo establecido en la siguiente tabla:

Tabla 7.8 Lineamientos para el manejo de los diferentes tipos de residuos peligrosos que podrán generarse durante las etapas de desarrollo del proyecto.

Tipo de Residuo	Fuente generadora	Manejo	Disposición final
Thiner	Obras de mantenimiento para evitar de corrosión por salitre. Actividades de animación durante la etapa de operación.	Los envases de los residuos peligrosos deberán almacenarse en contenedores plásticos dentro de un gabinete de concreto cerrado y separado de las áreas vulnerables.	Serán depositados en bolsas separadas y entregadas a una compañía externa autorizada para su manejo y disposición final.
Pinturas y esmaltes			
Estopas impregnadas con residuos			
Aceite industrial	Mantenimiento de maquinaria, equipo y vehículos	El aceite industrial utilizado se depositará en un recipiente metálico o plástico de alta densidad con capacidad de 200 l.	Será entregado a una compañía externa con autorización para su manejo y disposición final.
Pilas alcalinas	Oficinas, equipo	Se colocarán en contendores especiales para tal efecto.	Se entregarán a una empresa autorizada en su manejo y disposición final
Componentes electrónicos	Oficinas y habitaciones	Serán acopiados en un área adecuada dentro del almacén de residuos peligrosos.	Serán entregados a una compañía externa con autorización para su manejo y disposición final.

Fuente: Elaboración Propia, 2025)

Acción 23	P	C	O
Embalaje y etiquetado adecuado de los contenedores de residuos peligrosos previo a su almacenamiento y registro en bitácora	x	x	
Indicadores de desempeño:			
• Los residuos peligrosos se encuentran acopiados en el almacén temporal de residuos peligrosos.	x	x	
• Los residuos peligrosos se encuentran en contenedores cerrados de material adecuado según su tipo.	x	x	
• Los contenedores de los residuos peligrosos se encuentran debidamente etiquetados con el nombre y clasificación del residuo que contienen.	x	x	

Todos los residuos peligrosos que se ingresen al almacén temporal del proyecto deberán encontrarse perfectamente embalados y etiquetados. Su ingreso deberá quedar registrado en el momento en la bitácora del almacén de residuos peligrosos incluyendo la fecha de ingreso, el tipo de residuo, la cantidad y la procedencia.

7.4.3. Programa de Conservación y Manejo de Ecosistemas

La construcción y operación del Proyecto, en caso de ser autorizado, implicará afectaciones a los recursos bióticos debido al movimiento de suelo, el uso de maquinaria, la operación de la infraestructura y la presencia humana. Por lo que se propone implementar el Programa de Conservación y Manejo de Ecosistemas (PCME).

Sus objetivos son:

- Implementar medidas para mitigar los impactos generados durante el desarrollo del proyecto, con el fin de evitar afectaciones sobre los recursos bióticos presentes en el polígono del proyecto y en la superficie determinada como Sistema Ambiental (Capítulo 4), así como en su área de influencia.

- Promover la conservación de los ecosistemas ubicados en la superficie determinada como Sistema Ambiental y su entorno, mediante el mantenimiento de los procesos ecológicos que les son propios, contribuyendo así a la viabilidad ambiental del proyecto.

Para lograr dichos objetivos el Programa se ha dividido en tres subprogramas cuyos objetivos y medidas particulares se describen a continuación.

7.4.3.1. Subprograma de conservación de hábitat

El tipo de vegetación que será afectado por la implementación del proyecto será selva mediana subperennifolia/vegetación secundaria arbórea, el proyecto considera la conservación de 8.94 ha; en ese sentido, las áreas de conservación representan el 37.69%

de la superficie total del conjunto de predios. Por otro lado, se pretende el aprovechamiento total de 11.40 ha (62.31% con respecto a la superficie total del conjunto de predios).

Los objetivos de este subprograma son:

- Mantener las características ecológicas de los ecosistemas presentes en las áreas de conservación del proyecto.
- Garantizar la existencia de áreas con las características necesarias para funcionar como sitios de tránsito, alimentación, refugio y/o reproducción de la fauna silvestre residente y migratoria presente en el polígono del proyecto.
- Mantener los bienes y servicios que brindan los ecosistemas presentes en las áreas de conservación del proyecto.

La incidencia del subprograma sobre los diferentes impactos valorados para el proyecto, se muestran a continuación.

Programa de conservación y manejo de ecosistemas
Subprograma de conservación de hábitat
Incidencia directa sobre impactos: Pérdida de individuos (vegetación), Contaminación por gases o polvos (factor aire), Pérdida o ahuyentamiento de individuos (fauna) y Disponibilidad de sitios de tránsito de individuos (fauna).
Incidencia indirecta sobre impactos: Fortalecimiento de las capacidades de usuarios y trabajadores, y Modificación visual del paisaje.

Este subprograma contempla las siguientes acciones:

Acción 24	**P**	**C**	**O**
Delimitación física de las áreas de conservación del proyecto.	**x**		
Indicadores de desempeño:			
• Todas las áreas de conservación se encuentran protegidas para evitar el paso de vehículos y personas.	**x**		

Se realizará la delimitación física en campo de las áreas comunes de conservación del proyecto antes de comenzar las labores de desmonte y despalme, y se mantendrá permanentemente. Las barreras físicas que delimitarán las áreas podrán ser mallas plásticas, cintas plásticas o láminas de triplay, con pasos de fauna, o cualquier otro material que proteja a las áreas de conservación de los polvos generados y de posibles invasiones involuntarias del área de obra.

Figura 7.4 Ejemplo de barreras físicas para delimitar las áreas de conservación en campo





Acción 25	P	C	O
Delimitación física de las áreas de conservación, áreas provisionales y de ubicación de materiales y equipo de apoyo.	x		
Indicadores de desempeño:			
• Plano con la ubicación de las áreas del proyecto. • No se realizan trabajos de mantenimiento ni reparación mecánica de los equipos y maquinaria dentro del área de conservación del proyecto. Estos trabajos se realizan áreas delimitadas para este fin.	x x	x	

Acción 26	P	C	O
Erradicación de especies exóticas invasoras.	x		
Indicadores de desempeño:			
• No se observan especies exóticas invasoras en el predio del proyecto.	x		

Durante las etapas de preparación y operación del proyecto se erradicarán las especies encontradas dentro del predio clasificadas según la CONABIO como exóticas invasoras. De esta forma se recuperará paulatinamente la estructura y composición original de la vegetación en las áreas de conservación. El método empleado podrá variar según la especie de que se trate, sin embargo, se usará como metodología estándar el procedimiento establecido por Amigos de Sian Ka'an A.C. para el control de *Casuarina equisetifolia* (Guillermo *et al.* 1996).

Acción 27	P	C	O
Colocación de señalamientos	x	x	x
Indicadores de desempeño:			
• Representatividad de los mensajes establecidos en los señalamientos de tal forma que se informe sobre todas las medidas de prevención y mitigación de impactos ambientales establecidas en este DTU-BP que corresponda respetar al personal de obra y operativo, así como a los usuarios.	x	x	x
• Los señalamientos son suficientes y se ubican en áreas visibles y transitadas del proyecto.	x	x	x

Durante las tres etapas del proyecto se colocarán señalamientos de diversos tipos que indiquen la ubicación de las áreas de conservación, así como las actividades prohibidas que pudieran afectarlas directa o indirectamente, e informen sobre el tipo de organismos que se encuentran en ellas para promover que sean respetados. Los señalamientos irán dirigidos a los obreros durante las etapas de preparación y construcción y hacia los habitantes de las instalaciones durante la de operación.

Figura 7.5 Ejemplos de señalamientos que podrán ser utilizados en las diversas áreas del proyecto para promover la conservación de los ecosistemas.



Acción 28	P	C	O
El equipo y vehículos, solo se desplazará dentro de los límites del área autorizada para el cambio de uso de suelo	x	x	
Indicadores de desempeño:			
• Áreas de cambio de uso de suelo delimitadas / áreas de aprovechamiento totales. • Los vehículos solo se desplazan, estacionan y mantienen en áreas destinadas para este fin.	x x	x x	

Acción 29	P	C	O
Colocación de pasos de agua o puentes en vialidades y otras áreas en donde se requieran para mantener la continuidad del flujo hidrológico.		x	
Indicadores de desempeño:			
• Existen pasos de agua en las zonas inundables de las vialidades. • No se observan cambios drásticos en la vegetación de áreas de conservación separadas por vialidades. • No se observan encharcamientos en las vialidades del proyecto.		x x x	

Acción 30	P	C	O
Divulgación de las medidas de conservación de los ecosistemas presentes en el predio y su zona de influencia a empleados y usuarios del proyecto.		x	x
Indicadores de desempeño:			
• Los empleados y usuarios del proyecto conocen las medidas de conservación establecidas para el mismo.		x	

Para prevenir el daño a los ecosistemas presentes en el predio y en su área de influencia debido al desconocimiento de las medidas adecuadas para su conservación, se implementarán estrategias de divulgación ambiental dirigidas a usuarios del proyecto, que informen sobre los temas críticos en cuanto a conservación y manejo de ecosistemas en la zona, tales como especies en riesgo, buenas prácticas ambientales, áreas naturales protegidas, entre otras.

De igual forma se implementarán acciones de capacitación dirigidas empleados y habitantes del proyecto para garantizar el manejo adecuado de los residuos, el uso racional de los recursos y la conservación de la flora y la fauna. Las estrategias a implementar dependerán de las características particulares del área a la que vayan dirigidas según el

organigrama correspondiente, y deberán presentarse en un programa calendarizado a la autoridad competente para su validación, en caso de resultar autorizado el proyecto.

Acción 31	P	C	O
Implementación de reglamentos internos para la conservación y buen uso de los recursos	**x**	**x**	**x**
Indicadores de desempeño:			
• Lista con el registro de recibido de la difusión de los reglamentos a los empleados y propietarios	**x**	**x**	**x**

Durante cada etapa del proyecto se diseñará y aplicará un reglamento adecuado a los tipos de actividades, materiales manejados y principales riesgos al ambiente, que prevenga la comisión de acciones en detrimento del bienestar del ecosistema. Asimismo, en el reglamento interno para la etapa operativa, se colocarán las restricciones, materiales y características que deberán tener las viviendas que los propietarios de los lotes deberán cumplir, además, en dicho reglamento se establecerán las sanciones que correspondan a cada acción.

En dicho reglamento de etapa operativa, se incluirán recomendaciones para los propietarios sobre buenas prácticas, que incluirán, la implementación de ecotecnologías.

Acción 32	P	C	O
Promover la implementación de ecotecnologías		**x**	**x**
Indicadores de desempeño:			
• El proyecto aplica técnicas constructivas y usa materiales que optimizan el uso de energía, agua y otros recursos.		**x**	
• El proyecto aplica tecnologías para la generación y uso de energías alternativas.		**x**	**x**
• El proyecto aplica tecnologías para el ahorro de agua		**x**	**x**
• El proyecto aplica tecnologías para el ahorro de energía.		**x**	**x**
Acción 33	P	C	O
Construcción de senderos o andadores interpretativos en áreas de conservación		**x**	
Indicadores de desempeño:			
• El proyecto cuenta con senderos y/o andadores interpretativos en las áreas de conservación.		**x**	**x**
• Los senderos y/o andadores interpretativos se encuentran en buen estado.		**x**	**x**

• Los senderos y/o andadores interpretativos cuentan con señalización clara sobre las medidas de conservación del ambiente implementadas por el proyecto.		x	x

Se realizará la apertura de brechas en las áreas comunes de conservación, en una superficie que no deberá de ser superior al 10% de estas áreas, para la colocación de senderos o andadores interpretativos, estos serán zigzagueantes para no afectar a ningún individuo arbóreo y sólo, en caso de requerirse, se podrá realizar un socoleo (limpieza del estrato herbáceo), se colocarán de manera artesanal y utilizando materiales de la región los cuales deberán ser permeables.

Acción 34	**P**	**C**	**O**
Control de la iluminación	**x**	**x**	**x**
Indicadores de desempeño:			
• En el predio del proyecto no existen anuncios espectaculares luminosos o letreros con luces brillantes.	**x**	**x**	**x**
• La iluminación de las áreas verdes y de conservación del proyecto se hace con focos amarillos o rojos dirigidos hacia abajo.	**x**	**x**	**x**
• Número de focos amarillos o rojos colocados en las áreas verdes y de conservación	**x**	**x**	**x**

Para mitigar el impacto sobre la fauna nativa debido a la pérdida fauna y flora, el proyecto considera el control de la contaminación lumínica. Para ello se usarán focos amarillos o rojos en las áreas exteriores que eviten atraer a insectos nocturnos. Asimismo, se usarán lámparas con pantallas que dirijan la luz hacia abajo y no la proyecten hacia el cielo.

Por otra parte, se evitará la colocación de anuncios espectaculares luminosos o letreros con luces brillantes.

Acción 35	P	C	O
El manejo y control de mosquitos y otros insectos se realizará por medio de técnicas de bajo impacto ambiental.	x	x	x
Indicadores de desempeño:			
• Tipo y cantidad de productos para control de insectos utilizados en las áreas de urbanización por unidad de tiempo	x	x	x

Para el manejo y control de estos insectos se implementarán técnicas como el uso de citronela, la eliminación objetos que acumulen agua de lluvia, el uso de mosquiteros o miriñaques, entre otras. Se solicitará también el apoyo de las autoridades competentes para realizar fumigaciones periódicas en el área del proyecto durante su etapa de operación, pero sin afectar a las áreas de conservación.

Acción 36	P	C	O
Eliminación de fauna feral en el predio del proyecto.	x	x	x
Indicadores de desempeño:			
• Dentro del predio del proyecto no se observan gatos ni perros ferales.			x
• Registro de la presencia o ausencia de fauna feral dentro del predio			x

La fauna feral, en especial perros y gatos, resulta sumamente dañina para los ecosistemas en general y para las especies nativas en riesgo en particular. Por ello, se implementará una campaña permanente de captura de fauna feral para su traslado a la perrera municipal en conjunto con las autoridades competentes.

Acción 37	P	C	O
Control de fauna nociva con métodos de bajo impacto ambiental	x	x	x
Indicadores de desempeño:			
• Registro de la presencia o ausencia de fauna nociva	x	x	x

En caso de requerir de la implementación de métodos para el control de plagas en los frentes de obra o en las instalaciones en operación, se elegirán únicamente procedimientos de bajo impacto ambiental que garanticen la no afectación a especies nativas. Sin embargo, si se aplica adecuadamente el Programa de Manejo de Residuos (PMIR) propuesto en el presente SMGA, es poco probable que se presenten problemas de plagas como ratas, moscas o cucarachas.

7.4.3.2. Subprograma de arborización y ajardinado

Para garantizar que el proyecto no afectará a las poblaciones de plantas que se encuentran en el polígono del proyecto, se implementará el presente subprograma, que persigue los siguientes objetivos:

- Mitigar los impactos de pérdida de individuos de flora generados por el desarrollo del proyecto.

- Restablecer agrupaciones de plantas silvestres y cultivadas de uso tradicional en la jardinería regional para recuperar las áreas verdes que han sido afectadas durante la implementación de los distintos elementos que integran el proyecto.

- Promover acciones de arborización y ornamentación dentro del inmueble y promover con ello la integración del concepto con el paisaje natural.

Las medidas que conforman este subprograma se describen a continuación.

Programa de rescate, reubicación y conservación de recursos bióticos
Subprograma de arborización y ajardinado
Incidencia directa sobre impactos: Pérdida de individuos (vegetación), Rescate de individuos (vegetación) y Disponibilidad de sitios de tránsito de individuos de fauna.
Incidencia indirecta sobre impactos: Fortalecimiento de las capacidades de usuarios y trabajadores, Modificación visual del paisaje y Pérdida o ahuyentamiento de individuos (fauna).

Acción 38	**P**	**C**	**O**
Se dejarán en pie los individuos arbóreos de más de 20 cm de DAP que se encuentren en las áreas del predio destinadas a jardines y áreas verdes.	**x**		
Indicadores de desempeño:			
• Número de árboles de más de 20 cm de DAP marcados para permanecer en pie en las áreas verdes y ajardinadas del proyecto.	**x**		
• Los árboles en pie mayores a 20 cm de DAP que se encuentran en las áreas verdes y ajardinadas del proyecto no presentan heridas ni daños visibles		**x**	

Antes de comenzar la etapa de preparación del proyecto, se marcarán todos los árboles de más de 20 cm de DAP que se encuentren en las áreas destinadas a jardines y áreas verdes dentro del predio, con cinta y pintura visible. Estos árboles se protegerán con cercos de madera para evitar que sean dañados durante las etapas de preparación y construcción del proyecto. Se levantará un inventario de los árboles marcados al inicio de la etapa de preparación que incluirá su estado de salud general, el cual se registrará periódicamente durante las etapas de preparación y construcción y se dará seguimiento a través de la supervisión ambiental correspondientes.

Acción 39	P	C	O
Uso preferencial de especies nativas y propias de los ecosistemas reportados en la caracterización florística del predio, para el diseño de las áreas verdes y ajardinadas del proyecto.		x	
Indicadores de desempeño:			
• Por lo menos un 75% de los individuos que conforman los jardines y áreas verdes del proyecto son de especies nativas.		x	

Las especies que se recomiendan para el diseño de las áreas verdes y ajardinadas del proyecto son aquellas que se hayan rescatado y estén resguardadas en el vivero temporal del proyecto, es decir especies nativas y propias del sitio. Asimismo, podrán utilizarse especies cultivadas en la región en combinación con las especies nativas, tomando en cuenta lo establecido por el CU-04 del Programa de Ordenamiento Ecológico Local del Municipio de Solidaridad, ya que se deberá emplear una proporción 1:4 (especies ornamentales por especies nativas). En la siguiente tabla se enlistan algunas especies de flora comúnmente cultivadas y usadas como ornato en la región.

Tabla 7.9 Especies cultivadas que pueden ser empleadas en la ornamentación.

Nombre común	Especie	Familia	Forma de vida
Acalifa	*Acalypha wilkesiana*	Euphorbiaceae	Arbusto
Aralia	*Polyscias guilfoylei*	Araliaceae;	Arbusto
Árbol del pulpo	*Brassaia actinophylla*	Araliaceae	Arbusto
Areca	*Dypsis lutescens;*	Arecaceae	Arbusto
Bignonia rosada	*Podranea ricosoliana*	Bignonioaceae	Trepadora
Bignonia azul	*Thumbegia grandiflora*	Acanthaceae	Trepadora
Clavel de la India	*Tabernaemontana coronaria*	Apocynaceae	Arbusto
Cocinera	*Ixora coccinea*	Rubiaceae	Arbusto
Coco	*Cocos nucifera*	Arecaceae	Árbol
Cola de gato	*Acalypha hispida*	Euphorbiaceae	Arbusto
Conchita azul	*Clitoria ternatea*	Fabaceae	Trepadora
Copa de oro	*Allamanda cathartica*	Apocynaceae	Trepadora
Coralillo	*Russelia equisetiformis*	Scrophulariaceae;	Herbácea
Crotos	*Codiaeum variegatum*	Euphorbiaceae	Arbusto
Dracena	*Dracaena marginata*	Liliaceae	Arbusto
Esparrago	*Aspargus sprengeri*	Liliaceae	Herbácea
Ficus trepador	*Ficus pumila*	Moraceae	Trepadora
Galán de noche	*Cestrum diurnum*	Solanaceae	Arbusto
Hawaiana	*Ixora macrothyrsa*	Rubiaceae	Arbusto
Hoja pinta	*Dieffenbachia picta*	Araceae;	Herbácea
Lengua de suegra	*Sanseviera trifasciata*	Liliaceae	Herbácea
Lirio	*Hymenocallis littoralis*	Amaryllidaceae	Herbácea
Llamarada	*Cordolyne terminalis*	Liliaceae	Arbusto
Mafafa	*Xanthosoma roseum*	Araceae	Herbácea
Maguey morado	*Rhoeo discolor*	Commelinaceae	Herbácea
Naranja agria	*Citrus ariantum*	Rutaceae	Árbol
Novia en barco	*Setcreasea purpurea*	Commelinaceae	Herbácea
Oleander	*Nerium oleander*	Apocynaceae	Arbusto
Palma caribeña	*Veitchia merrillii*	Arecaceae	Árbol

Nombre común	Especie	Familia	Forma de vida
Palma real	*Washingtonia filifera*	Arecaceae	Árbol
Palmita	*Zamia purpurascens*	Cycadaceae	Herbácea
Parra de interior	*Cissus rhombifolia*	Vitaceae	Trepadora
Platanillo	*Canna edulis*	Cannaceae	Herbácea
Teléfono	*Scindapsus aureus*	Araceae	Trepadora
Tulipán	*Hibiscus rosa sinensis;*	Malvaceae	Arbusto
Vicaria	*Catharanthus roseus*	Apocynaceae	Herbácea
Yuca	*Yucca elephantipes*	Liliaceae	Arbusto
Zapatito de la Virgen	*Pedillanthus tithymaloides*	Euphorbiaceae	Herbácea

Las acciones de arborización y ornamentación de las áreas que rodean los conceptos arquitectónicos del Proyecto, de las áreas que han servido como apoyo para la instalación de infraestructura y los servicios; contemplan:

1. Detectar los sitios en los que se requiera de acciones especiales para acondicionar el terreno.
2. Descompactación y nivelación del sustrato en las áreas afectadas.
3. Plantar flora nativa y de relevancia ecológica (preferentemente rescatada durante el desmonte y despalme, mediante los términos establecidos en la autorización de Cambio de Uso de Suelo en Terrenos Forestales). Lo anterior de acuerdo a lo establecido en la siguiente tabla:
4. Labores de riego y mantenimiento.
5. Implementación de medidas de atención fitosanitaria.

Tabla 7.10 Método de Plantación

Actividad	Descripción
Apertura de cepas	Acorde a tamaño de las plantas que se vayan a plantar en ellas. En general, una cepa de 40 X 40 X 30 cm, será suficiente para el buen acomodo de la planta dentro de ésta.
Plantación	Utilizar el método tresbolillo, respetando una distancia de 10cm entre sí para herbáceas, 1.5 a 2m entre arbustos y 6m entre árboles.
Afirmación del terreno	Se afirma el terreno y se forma un cajete con la intención de retener el agua. También se pueden colocar tutores o barreras para los ejemplares que así lo requieran.
Riego de la zona de plantación	Temporada de secas: cada tercer día hasta por dos meses. Después se podrá espacia a dos veces por semana. Temporada de lluvias: aplicar riego solo en caso de una suspensión de lluvia o muestras de desecación en el suelo.

Acción 40	**P**	**C**	**O**
Evitar el uso de especies exóticas consideradas invasoras por la CONABIO para el diseño de los jardines y áreas verdes del proyecto.		**x**	**x**
Indicadores de desempeño:			
• No se encuentran especies exóticas consideradas invasoras por la CONABIO en las áreas verdes ni en los jardines del proyecto.			**x**

El diseño de las áreas verdes y los jardines del proyecto deberá considerar el listado de especies exóticas invasoras de la CONABIO y evitar su uso.

Acción 41	**P**	**C**	**O**
Uso exclusivo de individuos que procedan de las labores de rescate de vegetación del predio o de viveros debidamente certificados por las autoridades ambientales correspondientes, para llevar a cabo las labores de reforestación y ajardinado del proyecto, de tal forma que quede verificada su legal procedencia.		**x**	
Indicadores de desempeño:			
• Facturas que comprueben la legal procedencia de los ejemplares usados en las labores de reforestación y ajardinado del proyecto.		**x**	
• Relación del número de ejemplares por especie usados para las labores de reforestación y ajardinado que provienen del rescate de vegetación del predio.		**x**	

Para evitar incentivar el tráfico ilegal de especies y la afectación que causa a las poblaciones de especies nativas y a los ecosistemas, se llevará un estricto control de la procedencia de los ejemplares usados en las labores de reforestación y ajardinado del proyecto. Todos los ejemplares que no provengan del rescate de vegetación del proyecto deberán adquirirse en viveros debidamente autorizados.

Acción 42	P	C	O
Uso restringido de agroquímicos para las labores de mantenimiento de las áreas verdes del proyecto, a los autorizados por la CICOPLAFEST y solo en caso necesario.			x
Indicadores de desempeño:			
• Facturas que comprueben la compra de agroquímicos autorizados por la CICOPLAFEST.			x
• Número de agroquímicos autorizados por CICOPLAFEST utilizados / número de agroquímicos utilizados			x

El mantenimiento de las áreas verdes podría requerir en ciertos casos de la aplicación de agroquímicos para controlar plagas o enfermedades, así como para mejorar el desarrollo de los ejemplares. Los agroquímicos que podrán utilizarse en dichos casos serán únicamente los autorizados por la CICOPLAFEST y en estricto apego a lo indicado por el fabricante en cuanto a la dosis, modo de aplicación y frecuencia de uso.

7.4.4. Programa de Biodiversidad

Como medida de prevención y mitigación de impactos que pudiera generar el proyecto hacia cualquier especie de planta o animal en el predio, particularmente a las que están enlistadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010, se implementará el Programa de Biodiversidad, el cual tiene los siguientes objetivos:

- Garantizar que el proyecto no afectará a las poblaciones de especies en riesgo dentro del predio.
- Mitigar el impacto de la pérdida de individuos de flora y fauna provocados por el desarrollo del proyecto.

Este programa se divide en dos subprogramas que se describen a continuación.

7.4.4.1. Subprograma de Rescate Selectivo de Vegetación

El tipo de vegetación que será afectado por la implementación del proyecto será selva mediana subperennifolia/vegetación secundaria arbórea. El proyecto considera la conservación de 7.98 ha.

Para mitigar los impactos negativos sobre la flora nativa derivados del desmonte necesario para preparar las áreas de aprovechamiento del proyecto, se implementará el Subprograma de Rescate de Vegetación conformado por cinco medidas, el cual tiene los siguientes objetivos:

- Rescate y trasplante en vivero de especies vegetales en etapa de regeneración (plántulas y juveniles) con gran relevancia ecológica o estatus de protección.

- Rescate y trasplante en vivero de otras especies silvestres (plántulas y juveniles) nativas de interés para reforestación, restauración, ornamental u otros fines que garanticen su conservación a través de su aprovechamiento sustentable.
- Lograr la reducción de inversiones económicas, para la adquisición de ejemplares nativos en otros viveros.

Es importante señalar que estas acciones serán ejecutadas en cada una de las Fases del proyecto, toda vez que este se desarrollara en tres fases buscando así dejar la menor cantidad de tiempo el suelo descubierto.

La incidencia del subprograma sobre los diferentes impactos valorados para el proyecto, se muestran a continuación.

Programa de biodiversidad
Subprograma de rescate selectivo de vegetación
Incidencia directa sobre impactos: Pérdida de individuos (vegetación)
Incidencia indirecta sobre impactos: Pérdida o ahuyentamiento de individuos (fauna), Disponibilidad de sitios de tránsito de individuos (fauna), Fortalecimiento de las capacidades de usuarios y trabajadores, y Modificación visual del paisaje.

A continuación, se presentan las acciones que se incluyen en este Subprograma.

Acción 43	**P**	**C**	**O**
Rescate de ejemplares de plantas en las áreas de aprovechamiento del proyecto.	**x**		
Indicadores de desempeño:			
• No. de ejemplares de plantas nativas rescatados de las áreas de aprovechamiento autorizadas para el proyecto.	**x**		
• No. de especies de plantas nativas rescatadas de las áreas de aprovechamiento autorizadas para el proyecto.	**x**		

Una vez señaladas las áreas de aprovechamiento del proyecto, tanto permanentes como temporales, se procederá al marcaje de los individuos susceptibles de trasplante por medio de cintas plásticas y pintura en aerosol. Una vez hecho esto se procederá al trasplante de dichos ejemplares por medio de la técnica más apropiada de acuerdo con su especie, porte y tamaño. Cada ejemplar rescatado será identificado, registrado en una bitácora e incorporado en una base de datos. En los casos que se determine conveniente los ejemplares rescatados podrán trasplantarse inmediatamente a áreas de conservación. La descripción detallada de las técnicas de rescate de plantas se presenta a continuación:

1. Selección de especies a rescatar con base en criterios de la caracterización (riqueza específica, altura, formas de vida e importancia) así como de la viabilidad de los ejemplares (considerando factor clave una altura de la primera ramificación ≥ 1.5m de la o si presenta un tronco leñoso).

- Se priorizarán especies del estrato herbáceo y arbustivo.
- Se priorizarán especies listadas en la NOM-059-SEMARNAT.
- Se priorizarán especie de relevancia ecológica en la región.

2. Las labores de rescate las realizará personal capacitado en el manejo de plantas, de manera manual (plaza, picos, baretas y machetes) y con extremo cuidado.

3. Las brigadas de rescate contarán con un supervisor (agrónomo o biólogo), que verificará el adecuado manejo de los individuos rescatados.

4. El rescate se realizará de manera diferenciada por plántulas, por semillas, por palmas y especies arbustivas, plantas de porte arbóreo y por estacas. También si se trata de epífitas, suculentas o bulbosas.

5. Los individuos susceptibles de ser rescatados serán llevados al vivero, donde se les dará un manejo adecuado.

El listado de las especies y el número de ejemplares por especie a rescatar se exhiben en la siguiente tabla. Dicho listado se basa en los resultados de la caracterización florística del predio del proyecto, así como en las características de tamaño, tipo de crecimiento y valor ecológico de cada especie. Aun así, no se descarta la posibilidad de que alguna de las especies no cumpla con la disponibilidad en cuanto al número estimado de plantas propuestas para rescate, ya que estos números se basan de un muestreo y una estimación del número de individuos a partir de este, en este caso se buscará compensar aumentado la cantidad de plantas de alguna otra especie considerada para el rescate.

Tabla 7.11 Propuesta de rescate de palmas

Nombre común	Nombre científico	Forma de colecta			Propuesta No. de Individuos Por ha	Propuesta total 11.4022 has
		Semilla*	Planta /ha	Vareta /ha		
Palma chit	*Thrinax radiata*	X	X		5	40
Palma nakas	*Coccothrinax readii*	X	X		5	40
Total						**80**

Por otro lado, también se plantea rescatar individuos de especies que no están en la NOM-059-SEMARNAT-2010, y que por sus atributos paisajísticos pueden ser aprovechadas en las áreas ajardinadas. Estas serán rescatadas y llevadas al vivero temporal para su restablecimiento y posterior trasplante. Es importante mencionar que de estas especies a continuación se presenta en la siguiente tabla un listado general y una propuesta aproximada misma, por lo que los resultados obtenidos serán presentados en los avances correspondientes de cada informe de actividades.

Tabla 7.12 Otras especies silvestres nativas susceptibles a ser rescatadas

Nombre común	Nombre científico	Forma de colecta			No. de Individuos Por ha	Propuesta total 11.4022 has
		Semilla*	Estaca	Planta		
Chacá	*Bursera simaruba*		X	X	20	160
Cocoite blanco	*Gliricidia maculata*			X	5	40
Pata de vaca	*Bauhinia divaricata*			X	5	40
Pomolche	*Jatropha gaumeri*			X	5	40
Tulipan	*Malvabiscus arboreus*			X	10	80
Flor de mayo	*Plumeria rubra*			X	5	40
Chilar	*Rivina humilis*			X	5	40
Dzidzilche	Gymnopodium floribundum			X	5	40
Xnantus	*Ichnanthus lancelatus*			X	5	40
Total					**65**	**520**

Acción 44	**P**	**C**	**O**
Mantenimiento de plantas rescatadas en vivero.	**x**		
Indicadores de desempeño:			
• No. de ejemplares rescatados de las áreas de aprovechamiento del proyecto trasladados al vivero.	**x**		

Para ello se pretende el establecimiento de un vivero temporal en un área destinada para el aprovechamiento del propio proyecto, por lo que no se requerirá la afectación de áreas diferentes a las solicitadas en el presente trámite para su aprovechamiento. Dicho vivero contará con los requerimientos necesarios para operar adecuadamente y garantizar la supervivencia de los ejemplares rescatados; proporcionará los cuidados necesarios a las plantas rescatadas, hasta que sean susceptibles de utilizarse en las áreas de reforestación y/o ajardinado de las áreas verdes del proyecto: En caso de ser necesario se colocará una cubierta para proteger a los ejemplares del sol y lluvia en exceso.

Acción 45	P	C	O
Propagación de los ejemplares que no podrán ser trasplantados encontrados en las áreas de aprovechamiento del proyecto.	x		
Indicadores de desempeño:			
• No. de individuos por especie obtenidos por medio de propagación vegetativa de ejemplares encontrados en las áreas de aprovechamiento autorizadas para el proyecto.	x		
• No. de plántulas por especie obtenidas por medio de propagación sexual de ejemplares encontrados en las áreas de aprovechamiento autorizadas para el proyecto.	x		

Los ejemplares que por su especie o tamaño no puedan ser trasplantados, serán propagados sexual y/o vegetativamente y sus vástagos serán trasladados al vivero para su crecimiento hasta alcanzar el tamaño adecuado para su trasplante a las áreas de conservación o a las áreas verdes del proyecto. De esta manera se conservará la diversidad genética original del sitio y se contará con material suficiente para las labores de reforestación y ajardinado del proyecto.

Acción 46	P	C	O
Uso restringido de agroquímicos para las labores de mantenimiento de los ejemplares en el vivero del proyecto.	x	x	
Indicadores de desempeño:			
• Facturas que comprueben la compra de agroquímicos autorizados por la CICOPLAFEST para su uso en el vivero del proyecto.	x	x	
• Ausencia de agroquímicos no autorizados por la CICOPLAFEST en los almacenes del vivero del proyecto.			
• Número de agroquímicos autorizados por CICOPLAFEST utilizados / número de agroquímicos utilizados.			

El mantenimiento de los ejemplares contenidos en el vivero podría requerir en ciertos casos de la aplicación de agroquímicos para controlar plagas o enfermedades, así como para mejorar su desarrollo o garantizar su supervivencia. Los agroquímicos que podrán utilizarse en dichos casos serán únicamente los autorizados por la CICOPLAFEST y en estricto apego a lo indicado por el fabricante en cuanto a la dosis, modo de aplicación y frecuencia de uso.

Acción 47	P	C	O
Recuperación de tierra vegetal.	x		
Indicadores de desempeño:			
• No. de individuos por especie obtenidos por medio de propagación vegetativa de ejemplares encontrados en las áreas de aprovechamiento autorizadas para el proyecto.	x		
• No. de plántulas por especie obtenidas por medio de propagación sexual de ejemplares encontrados en las áreas de aprovechamiento autorizadas para el proyecto.	x		

Durante el primer año se realizará el rescate de tierra vegetal que servirá para el llenado de bolsas en el vivero donde serán colocadas las plantas rescatadas del área de desmonte para recibir el mantenimiento hasta su reubicación final, también se podrá utilizar para el relleno de camellones a fin de contribuir al enriquecimiento del suelo. La colecta de tierra vegetal se llevará a cabo, preferentemente dentro del período de estiaje (sequía) en el período de meses donde llueve menos del 10% de la precipitación anual según datos del sistema ambiental.

Las labores intensivas para la atención y el mantenimiento de las plantas trasplantadas se continuarán por lo menos durante los siguientes 3 años. Las actividades de seguimiento y evaluación del programa se continuarán por lo menos durante los siguientes 4 años, mientras que la campaña de señalización y protección de las áreas reforestadas se continuará de manera permanente.

7.4.4.2. Subprograma de Ahuyentamiento y Rescate Selectivo de Fauna

En el polígono del proyecto se identificaron cuatro especies de fauna se encuentra en alguna categoría de riesgo según la NOM-059-SEMARNAT-2010): perico pecho sucio (*Eupsittula nana)* Loro frente blanca *(Amazona albifrons)*; iguana rayada garrobo (*Ctenosaura similis*) boa Oxcan (*Boa imperator*)

Como medida de prevención y mitigación de impactos que pudiera generar el proyecto hacia cualquier especie de planta o animal en el polígono del proyecto, particularmente a las que están enlistadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010, se implementará el presente subprograma, el cual tiene los siguientes objetivos:

- Garantizar que el proyecto no afectará a las poblaciones de especies de fauna y especies de fauna en alguna categoría de riesgo dentro del polígono del proyecto.
- Mitigar el impacto de la pérdida de individuos de fauna provocados por el desarrollo del proyecto.

Programa de rescate, reubicación y conservación de recursos bióticos
Subprograma de ahuyentamiento y rescate selectivo de fauna
Incidencia directa sobre impactos: Pérdida o desplazamiento de individuos (fauna).
Incidencia indirecta sobre impactos: Fortalecimiento de las capacidades de usuarios y trabajadores.

Acción 48	P	C	O
Rescate de ejemplares de vertebrados en las áreas de aprovechamiento del proyecto.	**x**		
Indicadores de desempeño:			
• No. de individuos por especie de fauna nativa removidos de las áreas de aprovechamiento autorizadas para el proyecto.	**x**		

Previo al inicio de la etapa de preparación del terreno y simultáneamente durante la campaña de rescate de vegetación, se implementará una campaña de rescate de individuos de especies de fauna poco móviles o vulnerables, incluyendo nidos de aves. Cada ejemplar rescatado, será identificado, registrado en una bitácora e incorporado en una base de datos, para posteriormente ser trasladado hacia áreas de conservación. La descripción detallada de las técnicas de rescate de fauna nativa que se implementarán se presenta a continuación, tomando en cuenta las siguientes consideraciones:

- Implementar acciones que minimicen la miopatía por captura (control del ambiente o estímulos de captura, limitar tiempo de captura, evitar capturar animales viejos o enfermos, evitar la captura de hembras lactantes o preñadas y limitar el número de personas que realizan la captura.

- Implementar acciones de disuasión con bocinas o sirenas de aire.

- Las actividades de rescate las realizará personal capacitado en el manejo de fauna, de manera manual (con bolsas, trampas, cebos, guantes, lazos y ganchos herpetológicos) y con extremo cuidado.

- Realizar rescates diferenciados para anfibios, reptiles y mamíferos, empleado el equipo y técnicas más adecuados.

- Trasladar a los ejemplares a sitios destinados para su reubicación y en caso de ser necesario a sitios de asistencia temporal (si están heridos).

Tabla 7.13 Método de rescate por grupo faunístico.

Grupo faunístico	Equipo necesario	Método de rescate
Reptiles	1.Captura: Ganchos o pinzas herpetológicas, ligas (opcional), trampas de lazo para intentar captura a lagartijas y serpientes de forma directa, guantes de carnaza y bolsas de lona. 2.Transporte: bolsas de plástico y/o sacos de manta de algodón. 3.Registro de ejemplares: bitácora y cámara fotográfica.	1.Búsqueda de individuos en transectos y aplicación del método de registros visuales. 2.Rescate manual directo. 3.Toma de medidas y fotografías. 4.Resguardo en bolsas plásticas o de tela según disponibilidad. Dejando los ejemplares agresivos o caníbales de a un individuo por bolsa. Agruparlos a la sombra para evitar muertes por exceso de calor. 5.Liberación en sitios previamente designados.
Anfibios	1.Captura: redes, guantes desechables y botas de plástico. 2.Transporte: bolsas de plástico, ligas de caucho y hielera. 3.Registro de ejemplares: bitácora y cámara fotográfica.	1.Búsqueda de individuos en transectos y aplicación del método de registros visuales. 2.Rescate manual directo. 3.Toma de fotografías. 4. Resguardo en bolsa plástica inflada al aire y con un poco de sustrato del lugar. Transporte en hielera para evitar muertes por insolación. 5.Liberación en sitios previamente designados.
Mamíferos	1.Captura: Trampas tipo Sherman, trampas tipo Tomahawk, guantes de carnaza y cebo atrayente. 2.Transporte: bolsas de tela o trampas utilizadas para captura cubiertas con tela para evitar el estrés. 3.Registro de ejemplares: bitácora y cámara fotográfica.	1.Monitoreos en búsqueda de rastros de mamíferos y localización de trampas en sitios cubiertos del sol y camufladas con hojarasca. 2.Colecta de ejemplares y registro: a) Registra al ejemplar en bitácora y tapar la trampa con tela. b) Registrar al ejemplar dentro de la trampa. Solo en caso de que sea muy necesario, abrir la trampa y colectar al ejemplar para colocarlo en una bolsa de tela. La colecta deberá realizarse con guantes de carnaza. 3.Reubicación en sitios previamente designados, que cuenten con características ambientales similares y que no se ubiquen a más de 250m de las áreas de afectación directa del proyecto.
Aves	1. Identificación: Binoculares. 2.Ahuyentamiento y protección de nidos: megáfono o corneta de aire y cina de peligro. 3.Registro de ejemplares: bitácora y cámara fotográfica.	1.Recoridos en horarios pico para identificación de ejemplares: a) Si se identifican aves, se registrarán se procederá al ahuyentamiento con megáfono o corneta de aire. b) Si se identifican nidos, se registrará en bitácora y se acordonará el área con cinta de peligro para evitar la perturbación.

Fuente: (Elaboración Propia, 2025)

Acción 49	P	C	O
Contar con personal especializado para asistencia temporal de individuos de fauna vulnerables	x		
Indicadores de desempeño:			
• Presencia de personal especializado para la asistencia oportuna a la fauna herida o vulnerable.	x		
• Los individuos que se liberan a las áreas de conservación se encuentran en condiciones adecuadas de acuerdo con las características de su especie y la condición particular del individuo.	x		

Durante las etapas de preparación y construcción es probable que se registren individuos de fauna heridos o vulnerables, en cuyo caso serán tratados por un especialista en medicina veterinaria o manejo de fauna silvestre. Una vez que los ejemplares se encuentren recuperados serán reintegrados a las áreas de conservación del proyecto. Todo ejemplar al que se le otorgue asistencia temporal será registrado en bitácora anotando su especie, medidas (tamaño, peso, etc.), condición de salud, lugar donde fue encontrado y fecha. Previo a su liberación también se registrarán en bitácora sus medidas, así como el lugar y fecha de su liberación.

Acción 50	P	C	O
Definición del procedimiento a seguir para el manejo de especies peligrosas en las instalaciones del proyecto.	x	x	x
Indicadores de desempeño:			
• El proyecto cuenta con un protocolo de actuación para el adecuado manejo de especies de fauna peligrosas para el hombre.	x	x	x

En el área donde se ubica el predio del proyecto existen especies de fauna que representan un riesgo para el hombre debido a que son venenosas. En caso de que algún ejemplar de estas especies llegara a encontrarse dentro de las instalaciones del proyecto en operación o en algún frente de obra durante la etapa de construcción, se procederá a su captura por personal capacitado y trasladado al área de conservación del Ciudad Mayakoba más alejada de las instalaciones. Durante la etapa de operación, se avisará a las autoridades correspondientes y se solicitará su apoyo para el adecuado manejo del espécimen.

Acción 51	P	C	O
Implementación de acciones de interacción de habitantes con la fauna	x	x	x
Indicadores de desempeño:			
• Implementación del reglamento: interacción con la fauna	x	x	x

Consiste en una serie de acciones orientadas hacia la interacción de usuarios con la fauna local. A continuación, se enlistan de manera general:

1. El desarrollo contará con información escrita y materiales visuales disponibles para sus usuarios, sobre la fauna local (características, estatus de conservación, distribución, importancia, etc.).

2. Todos los usuarios tendrán acceso a un reglamento de interacción con la fauna por escrito, en el cual se establece lo siguiente:

    - Se prohíbe la cacería de fauna local o su exterminio.
    - Se prohíbe la extracción y el comercio de fauna local en las inmediaciones del desarrollo.
    - Se prohíbe causar daños físicos a la fauna local.
    - Se prohíbe la alteración del comportamiento de las especies de fauna local.
    - Se prohíbe mantener en cautiverio a las especies de fauna local.
    - Se prohíbe alimentar a la fauna local.
    - Cuando se identifique fauna peligrosa o nociva deberá notificarse a la Administración del Condominio para que acuda con personal especialista, capacitado y acreditado.
    - Los usuarios deberán respetar las restricciones establecidas para los pasos de fauna y áreas verdes.
    - Los animales domésticos deberán portar una placa de identificación, estar siempre bajo vigilancia y control del propietario a fin de evitar que infrinjan algún tipo de daño a la fauna, flora u otros usuarios.

7.4.5. Programa de manejo de contingencias ambientales

El proceso de construcción, operación y mantenimiento del proyecto considera la posibilidad de situaciones de riesgo, involuntarias o accidentales, que pudieran afectar al personal, usuarios o visitantes, así como a los ecosistemas. El promovente también considera los riesgos que pueden ser generados por los fenómenos naturales comunes en la región, como son los incendios forestales, inundaciones y huracanes. Por lo anterior, la promovente considera la implementación del presente programa con el objetivo de:

- Implementar acciones de prevención y atención a contingencias que reduzcan los riesgos de daño a recursos naturales y humanos.

Para lograrlo se pretende la realización de las siguientes acciones:

7.4.5.1. Subprograma de prevención y atención a contingencias ambientales

Programa de manejo de atención a contingencias ambientales			
Subprograma de prevención y atención a contingencias ambientales			
Incidencia directa sobre impactos: Pérdida de individuos (vegetación), Pérdida o desplazamiento de individuos (fauna), Contaminación por gases o polvos, Contaminación por ruido, Contaminación por residuos (factor agua y suelo) e Impacto a la salud humana por contaminación.			
Incidencia indirecta sobre impactos: Fortalecimiento de las capacidades de usuarios y trabajadores y Modificación del paisaje.			
Acción 52	**P**	**C**	**O**
Se deberá contar con personal capacitado en el manejo de contingencias	**x**	**x**	**x**
Indicadores de desempeño:			
• El proyecto cuenta con personal asignado para el manejo de contingencias. • El personal asignado para el manejo de contingencias se encuentra debidamente capacitado. • El proyecto cuenta con un plan de acción para el manejo de contingencias.	**x** **x** **x**	**x** **x** **x**	**x** **x** **x**

Durante todas las etapas de desarrollo del proyecto se deberá contar con personal capacitado en el manejo de contingencias ambientales y accidentes. Asimismo, ese deberá contar con personal capacitado en primeros auxilios.

Acción 53	**P**	**C**	**O**
Se deberá contar con material y equipo adecuado y suficiente para la atención de contingencias ambientales.	**x**	**x**	**x**
Indicadores de desempeño:			
• El proyecto cuenta con material y equipo adecuado y suficiente para la atención de contingencias. • El material y equipo para la atención de contingencias se encuentra funcional y en buen estado.	**x** **x**	**x** **x**	**x** **x**

Se designará un área dentro del predio, cercano a los frentes de trabajo en las áreas de mayor riesgo, para resguardar el material y equipo adecuado y suficiente para la atención de contingencias ambientales tales como absorbentes (salchichas, colchonetas o polvos

absorbentes para uso en caso de derrames; palas, extintores y equipo de protección para su uso en caso de incendios); etc.

Figura 7.6 Ejemplo de absorbentes (equipo adecuado para contingencias).



Acción 54	P	C	O
Verificación periódica del mantenimiento de las instalaciones riesgosas dentro del proyecto.	x	x	x
Indicadores de desempeño:			
• Comprobantes de la verificación realizada a las instalaciones riesgosas dentro del proyecto por parte de empresa especializada.	x	x	x

Se verificará de manera periódica el mantenimiento y la supervisión de las instalaciones eléctricas, de gas L.P., de agua, los almacenes de residuos peligrosos y de los sitios donde se manejen sustancias inflamables para detectar fallas y prevenir accidentes.

Acción 55	P	C	O
Creación de un comité de atención a contingencias ambientales	x	x	x
Indicadores de desempeño:			
• El proyecto cuenta con un comité de atención a contingencias ambientales.	x	x	x

Se creará un comité de atención a contingencias ambientales en coordinación con las autoridades competentes una vez iniciado el proyecto y que deberá funcionar de manera permanente durante el resto de las etapas de desarrollo del mismo. Deberá realizar reuniones en caso de contingencias. Se deberá enfocar en desarrollar acciones para prevenir y mitigar cualquier evento que ponga en riesgo la integridad humana o de los recursos naturales de la zona.

Acción 56	P	C	O
Señalización	x	x	x
Indicadores de desempeño:			
• El proyecto cuenta con señalamientos sobre las medidas de seguridad en todos los frentes de trabajo.	x	x	x
• Los señalamientos sobre las medidas de seguridad cumplen con los requerimientos establecidos por las autoridades correspondientes.	x	x	x

Se colocarán señales en los sitios de riesgo que indiquen las precauciones que se deberán tomar por parte del personal y usuarios del proyecto para evitar accidentes y contingencias, incluyendo los procedimientos para actuar en caso de incendio o huracán, así como las salidas de emergencia.

7.4.5.2. Subprograma de seguridad y salud

Programa de manejo de atención a contingencias ambientales
Subprograma de Seguridad y Salud
Incidencia directa sobre impactos: Impacto a la salud humana por contaminación (polvos, gases o ruido) y Generación de empleos temporales y derrama económica
Incidencia indirecta sobre impactos: Fortalecimiento de las capacidades de usuarios y trabajadores y Fomento a la calidad de vida de la población por disponibilidad de vivienda.

Para lograrlo se pretende la realización de las siguientes medidas:

Acción 57	P	C	O
Se deberá contar con personal capacitado en materia de seguridad y salud.	x	x	x
Indicadores de desempeño:			
• Presencia ausencia de personal capacitado en materia de seguridad y salud por etapa del proyecto.	x	x	x

Acción 58	P	C	O
Se deberá contar con material y equipo de protección personal adecuado y suficiente para trabajadores	x	x	x
Indicadores de desempeño:			

• Presencia ausencia de material y equipo de protección personal adecuado y suficiente para trabajadores, por etapa del proyecto**.**	**x**	**x**	
Acción 59	P	C	O
Verificación periódica de las condiciones de seguridad y salud.	**x**	**x**	**x**
Indicadores de desempeño:			
• Bitácora de registro de check list de las condiciones de orden, limpieza periódica, organización de los turnos de trabajo y apego a la normatividad aplicable en los frentes de obra.	**x**	**x**	**x**
• Bitácora de registro de check list de las condiciones adecuadas de los sanitarios, sitios de alimentación y descanso de trabajadores y sitios destinados para la disposición de residuos.	**x**	**x**	**x**
• Bitácora de registro de check list de las condiciones de organización, limpieza periódica y seguridad y salud del Lobby y áreas comunes.	**x**	**x**	**x**

Acción 60	**P**	**C**	**O**
Implementación de señalización en materia de seguridad y salud	**x**	**x**	**x**
Indicadores de desempeño:			
• Número de señalizaciones implementadas por etapa del proyecto.	**x**	**x**	**x**

Acción 61	**P**	**C**	**O**
Fomento a las cadenas cortas para la adquisición de bienes y servicios.	**x**	**x**	**x**
Indicadores de desempeño:			
• Número de contratos realizados con proveedores locales por etapa del proyecto.	**x**	**x**	**x**

7.4.6. Programa de Manejo Integral del Agua

Este programa persigue los siguientes objetivos:

- Implementar medidas para garantizar el manejo sustentable del recurso agua por parte del proyecto en concordancia con los instrumentos legales aplicables.
- Detectar oportunamente situaciones que impliquen el desperdicio del recurso o el riesgo de su contaminación para implementar medidas correctivas de inmediato.
- Garantizar que el desarrollo del proyecto no afectará negativamente al acuífero ni a la hidrología de la zona.

Este programa incluye las siguientes medidas:

Programa de manejo integral del agua
Incidencia directa sobre impactos: Contaminación por residuos (factor agua) e incremento en la cantidad de residuos que la municipalidad deberá gestionar
Incidencia indirecta sobre impactos: Fortalecimiento de las capacidades de usuarios y trabajadores.

Acción 62	**P**	**C**	**O**
Las vialidades y áreas de aprovechamiento no techadas estarán recubiertas con materiales permeables		**x**	
Indicadores de desempeño:			
• Plano con las áreas no techadas y permeables del proyecto		**x**	
• Superficie sin edificación recubierta con materiales permeables / superficie total sin edificación		**x**	

Las áreas permeables permitirán la libre infiltración del agua de lluvia al subsuelo sin que se provoquen charcos, baches, ni deformaciones en la carpeta, lo cual reducirá también su mantenimiento. Los andadores peatonales tendrán un perfil con inclinación mínima suficiente para ayudar al escurrimiento de las aguas hacia la vegetación lateral. Todo escurrimiento excesivo será capturado por bermas naturales de vegetación y pasto que contribuirán a su filtración y absorción.

Acción 63	**P**	**C**	**O**
Drenaje pluvial separado del drenaje sanitario			**x**
Indicadores de desempeño:			

• La red de drenaje pluvial dentro del proyecto se encuentra separada de la red de drenaje sanitario. • Verificación de los puntos de conexión y descarga del drenaje			**x** **x**

Los propietarios de los lotes deberán considerar en el diseño de sus propiedades la implementación de un sistema pluvial superficial que drene directamente a las áreas de conservación y áreas permeables propias del proyecto arquitectónico, queda estrictamente prohibida la descarga de agua pluvial a la red sanitaria del condominio. El sistema pluvial deberá contar con pozos de visita en los que se evitará el arrastre de solidos no deseados (y por ende contaminación).

Acción 64	**P**	**C**	**O**
Colocación de canaletas en las techumbres de las edificaciones para el aprovechamiento de agua pluvial		**x**	
Indicadores de desempeño:			
• Registro de las edificaciones dentro del proyecto cuentan con canaletas en las techumbres / número de edificaciones construidas en total.		**x**	

Se recomendará a los propietarios a través del reglamento, la colocación de canaletas que permitan colectar el agua pluvial, para su posterior uso en áreas ajardinadas, o limpieza del hogar, (piso, sanitarios, etc.) de tal forma que se reduzca el consumo del vital líquido, logrando además una reducción en el recibo que pagarán los propietarios por el servicio de agua.

Acción 65	**P**	**C**	**O**
Reutilización del agua de lluvia para riego de áreas verdes.			**x**
Indicadores de desempeño:			
• Bitácora de mantenimiento de áreas verdes: eventos de riego con agua pluvial.			**x**

Se usará agua de lluvia para el riego de áreas verdes de tal forma que se reduzca el consumo del vital líquido por parte del proyecto

Acción 66	**P**	**C**	**O**
Promover la implementación de ecotecnologías para el ahorro de agua			**x**
Indicadores de desempeño:			

• El proyecto cuenta con instalaciones de ecotecnologías para el ahorro de agua funcionales y en buen estado			x
• Número de cápsulas informativas difundidas al año			x

Se promoverá entre los propietarios de los lotes unifamiliares que consideren la implementación de avances tecnológicos para el ahorro de agua, en el diseño de sus casas tales como:

- Grifería Termostática para duchas o combinados ducha/bañera con ahorro del 50% de caudal y control automático de la temperatura. Este sistema evita las pérdidas de agua y energía hasta conseguir la temperatura correcta, ya que no varía la temperatura al abrirse otros grifos, aún dentro del mismo cuarto de baño, lo que promueve el ahorro de agua y gas.

- Grifos ecoeficientes monomando con: 1) apertura central en dos pasos, el primero a medio caudal, 2) apertura ecoeficiente, ya que siempre abren en agua fría, evitando el desperdicio de agua caliente.

- Grifería Electrónica automática. Se abre y se cierra al acercar y alejar las manos del lavabo, mediante detección por infrarrojos. Máxima higiene al no tener que tocar los grifos, evita el contagio de virus y bacterias nocivas. Importante ahorro de agua y energía, solo gastan el agua necesaria, entregada a bajo caudal. Funcionamiento a pilas (duración de las pilas, varios años), o conexión a red mediante transformador.

- Teleduchas ecológicas de ahorro, ecoduchas. Frente a las duchas convencionales que entregan de 15 a 25 litros de agua por minuto, dan un caudal confortable reducido de 5 a 9 litros por minuto según modelo.

- Descargas de doble botón para ahorro de agua en el WC. Por medio del botón selector dan 3 o 6 litros por cada pulsación. Las descargas WC tradicionales entregan 8 a 10 litros según regulación, por cada pulsación. Ahorro de 10,000 litros de agua al año por persona.

- Economizadores de agua: Las piezas más económicas y de resultado inmediato para el ahorro de agua, son los economizadores perlizadores de agua para aplicación en duchas y grifos de las habitaciones.

Figura 7.7 Ejemplo de economizadores perlizadores.



7.4.7. Programa de educación ambiental

Este programa tiene como objetivo promover medidas encaminadas al fortalecimiento de las capacidades de usuarios y trabajadores, en torno a:

1. Manejo adecuado de residuos.
2. Conocimiento y valoración del contexto medioambiental en el que se desarrolla el proyecto.
3. Asimilación de comportamientos congruentes con el contexto medioambiental en el que se desarrolla el proyecto.

Las medidas que componen a este programa, se muestran a continuación:

Programa de Educación Ambiental
Incidencia directa sobre impactos: Fortalecimiento de las capacidades de usuarios y trabajadores.
Incidencia indirecta sobre impactos: Todos los descritos en el capítulo 5 de esta DTU-BP

Acción 67	**P**	**C**	**O**
Divulgación de las medidas de conservación de los ecosistemas presentes en el polígono del proyecto y su zona de influencia a trabajadores y usuarios del proyecto	**x**	**x**	**x**
Indicadores de desempeño:			
• Número de acciones de divulgación por etapa del proyecto	**x**	**x**	**x**

Acción 68	**P**	**C**	**O**
Implementación de reglamentos y protocolos internos, que fomenten la conservación y buen uso de los recursos.	**x**	**x**	**x**
Indicadores de desempeño:			
• Presencia ausencia de reglamentos y protocolos internos, por etapa del proyecto	**x**	**x**	**x**

7.5. Programas Específicos de Manejo Ambiental referentes al Cambio de Uso de Suelo en Terrenos Forestales

Programa de Manejo de Residuos Sólidos y Líquidos:

El manejo de los residuos generados es imprescindible para evitar la proliferación de fauna y flora nociva, es por esto por lo que en este programa incluiremos las medidas a tomar para el manejo de cada residuo generado, durante la etapa de preparación del sitio y con esto cuidar las características naturales y el paisaje del área del proyecto. Implementar acciones para prevenir la contaminación y disminuir los riesgos a la salud pública y ambiental, lo que coadyuva a preservar el atractivo de la zona buscando soluciones alternativas para el manejo de la basura. Contempla acciones para la prevención de la contaminación del suelo y agua.

Propuesta de Programa de Rescate y Reubicación de especies de Flora y Fauna conforme a la fracción IX del artículo 141 del Reglamento, que comprende:

El apoyo en las labores de preservación y conservación de especies de importancia ecológica y ornamental. Para esto se tendrá la disponibilidad de participar en las actividades concernientes a programas de rescate respetando el entorno natural y la forma de vida de las comunidades, además de promover entre los habitantes y los obreros la importancia de conservar los recursos naturales, procurando tener durante los recorridos un comportamiento de respeto hacia la naturaleza. Las medidas de mitigación aplicables a la fauna silvestre nativa potencialmente afectada por las actividades de CUSTF del Proyecto, el plan de medidas de mitigación a implementar tiene por finalidad el rescate y relocalización de individuos, así como evitar o disminuir los efectos adversos de las obras o actividades ejecutadas durante los procesos de preparación, construcción y operación del proyecto.

Medidas de compensación para la flora

Con la finalidad de prevenir y mitigar los impactos sobre las especies de flora por el Cambio de Uso de Suelo en Terrenos Forestales (CUSTF) y evitar poner en riesgo su persistencia en el ecosistema, se proponen medidas de mitigación especificas tomando en cuenta la fenología de dichas especies y la revisión bibliográfica. Estas medidas comprenden el Programa de reforestación y el Programa de rescate y reubicación de flora, los cuales se establecerán en las áreas de conservación y área verde dentro del área del predio que no serán sometidas a CUSTF.

Para determinar cuáles son las especies que se ponen en riesgo con el Cambio de Uso de Suelo de Terrenos Forestales de las 11.94 ha sometidas a autorización por el presente estudio, se consideraron, en orden de importancia, los siguientes criterios:

- Criterio I. Especies de importancia ecológica conforme a los instrumentos normativos vigentes (tal es el caso de la NOM-059-SEMARNAT-2010, o algún otro instrumento normativo).

- Criterio II. Especies principales que formen parte de la estructura y composición de la vegetación y estén en los siguientes supuestos:

- Supuesto I. Que hayan sido encontradas exclusivamente en la superficie de CUSTF, y en la unidad de análisis no.

- Supuesto II. Que su abundancia en la unidad de análisis sea muy baja en comparación con la abundancia reportada en la superficie de CUSTF.

Con el fin de no afectar las especies de flora que se ponen en riesgo con el Cambio de Uso de Suelo de Terrenos Forestales, el Proyecto considera la implementación de diversas medidas de mitigación para los impactos que se prevé sean generados a la flora, con el objetivo de contribuir al restablecimiento de factores funcionales en el ecosistema, entre las cuales se encuentran:

- La reforestación en las áreas que no se someten al cambio de uso de suelo dentro del Proyecto (área de conservación y área verde) (Implementación del Programa de Reforestación).

- El rescate de especies de flora, esta acción se realizará previo a realizar la remoción de vegetación y con especial énfasis en las especies consideradas como protegidas por la NOM-059-SEMARNAT-2010, así como en las especies que únicamente se registraron en el CUSTF, y en aquellas especies que presentan alto valor ecológico y paisajístico, dicha reubicación se llevará a cabo en áreas que no se someten al cambio de uso de suelo dentro del Proyecto correspondiente al área de conservación y área verde (Implementación del Programa de Rescate y Reubicación de Flora).

Programa de rescate y reubicación de especies de flora

Este Programa es una medida para la mitigación de los impactos ocasionados por el Proyecto a la vegetación presente. Es así como está enfocado al rescate, protección y conservación de la diversidad florística que se verá afectada por el Proyecto.

Las principales actividades que cubrirá este programa son la extracción y la reubicación de acuerdo con las características de las diferentes especies susceptibles a rescate. En ese sentido el promovente, y el contratista, acatarán y ejecutarán las normas y leyes en materia ambiental con el fin de conservar los recursos naturales. Por ello se propone el presente programa de rescate y minimizar la afectación al medio ambiente causado durante la etapa de construcción del proyecto. De tal manera que, de acuerdo con el análisis de los datos generados en el Capítulo IV y a la comparación previa de tales resultados, se presenta el Programa de Rescate y Reubicación de Flora, cuyos objetivos se plantearon en términos de:

- Identificar las especies deben ser susceptibles de protegerse y ser conservadas.

- Conservar la riqueza y estructura florística de los ecosistemas afectados por el Proyecto.

- Establecer y realizar estrategias técnicas para el rescate y reubicación de las especies identificadas, con la finalidad de ser ubicadas fuera del área de afectación de proyecto y supervisar el rescate, manejo y recuperación de ejemplares.

La reubicación de ejemplares obtenidos por el rescate se establecerá en las áreas de conservación y área verde dentro del área del predio que no serán sometidas a CUSTF. Es

importante mencionar las especies seleccionadas para este programa son de importancia ecológica para el ecosistema mientras que las demás fueron descartadas debido a que la mayoría de las especies encontradas durante el muestreo son consideradas de amplia distribución, indicadoras de vegetación perturbada, especies invasoras o no son características de la Vegetación Secundaria de Selva Mediana Subperennifolia, aunado a que esta medida de mitigación (Programa de rescate y reubicación de flora) será complementada con el programa de reforestación que a continuación se describe.

Programa de reforestación

Por otra parte, dado el análisis de abundancia y la presencia o ausencia de las especies que forman el tipo de vegetación a afectar en el área de Cambio de Uso de Suelo de Terrenos Forestales y los del Sistema Ambiental, se determinó la necesidad de un Programa Reforestación, el cual se desarrollará en las áreas de conservación y área verde dentro del área del predio que no serán sometidas a CUSTF.

Cabe señalar que, el análisis comparativo de la composición florística de ambas áreas indica que no todas las especies presentes en el SA se encuentran en el CUSTF; esto ocurre porque en la vegetación original de Selva Mediana se encuentra perturbada, lo cual ha alterado su composición florística original. Según PAOT (1997), la vegetación secundaria de selva se desarrolla transcurrido un tiempo después de la eliminación o perturbación de la vegetación original; en general, estas comunidades están formadas por muchas especies y con el tiempo pueden favorecer la recuperación de la composición florística original.

Conclusión

Como ya se ha mencionado con anterioridad, el Proyecto considera la implementación de diversas medidas de mitigación para los impactos que se prevé sean generados a la flora, con el objetivo de contribuir al restablecimiento de factores funcionales en el ecosistema, entre las cuales se encuentran:

La reforestación en las áreas que no se someten al cambio de uso de suelo dentro del Proyecto (área de conservación y área verde) (Implementación del Programa de Reforestación).

El rescate de especies de flora, esta acción se realizará previo a realizar la remoción de vegetación y con especial énfasis en las especies consideradas como protegidas por la NOM-059-SEMARNAT-2010, así como en las especies que únicamente se registraron en el CUSTF, y en aquellas especies que presentan alto valor ecológico y paisajístico, dicha reubicación se llevará a cabo en áreas que no se someten al cambio de uso de suelo dentro del Proyecto correspondiente al área de conservación y área verde.

Por otra parte, de acuerdo con los resultados obtenidos de los análisis presentados, podemos observar que la diversidad en ambas áreas de análisis es equivalente, registrándose ligeramente más alta para el SA, tanto a nivel general, como en la mayoría de los estratos.

Realizando la comparación de las especies que se encuentran en las dos áreas de análisis se observa que éstas comparten una similitud del 83%, lo que indica que la mayoría de las especies que se encuentran en el área propuesta para llevar a cabo el cambio de uso de suelo forestal, también están representadas en el SA, y respecto a aquellas especies

registradas únicamente en el CUSTF, se aplicarán las medidas de mitigación necesarias solo a las especies de importancia ecológica de acuerdo con la revisión bibliográfica realizada, al momento de la ejecución del Proyecto. Esto es importante debido a que podemos asegurar que las especies que se verán afectadas con el cambio de uso del suelo en terrenos forestales, en sus diferentes estratos no se pondrán en riesgo, ni se comprometerá su biodiversidad.

Por lo señalado anteriormente, en este apartado, podemos demostrar que con la ejecución del cambio de uso de suelo en terrenos forestales en una superficie de 11.40 ha, no se compromete la flora, y por lo tanto no se compromete la biodiversidad, cumpliendo con lo señalado en el artículo 93 de la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable en vigor.

7.6. Medidas de compensación para la fauna

7.6.1. Programa de ahuyentamiento, rescate selectivo de fauna

Debido a las actividades humanas uno de los componentes ambientales más susceptibles es la fauna, por lo que se contempla que dentro de la superficie solicitada para el CUSTF los impactos ambientales son puntuales debido a la pérdida de hábitat ocasionada por el desmonte y el efecto barrera para la construcción.

Antes de las actividades de obra se realizarán acciones de ahuyentamiento de la fauna, esta se realizará por un grupo de dos personas dirigidas por un especialista. Consistirá en que 24 horas previas al ingreso de maquinaria el grupo recorrerá dicha sección; (la distancia dependerá de la tasa de avance de la obra por día), durante el recorrido los integrantes agitarán los pequeños arbustos y removerán hojarasca. Asimismo, producirán mucho ruido con silbatos y sirenas de gas comprimido.

Finalmente, la captura será la última acción en las actividades del proyecto.

La metodología aplicada para el rescate de fauna consiste en la aplicación de métodos simples de rescate de ejemplares de fauna silvestre sin poner en peligro la vida de cada organismo, es importante señalar que esta medida deberá realizarse antes y durante las actividades relacionadas con la obra del sitio.

Se registraron 27 especies en total, mayormente representadas por las aves, seguido por los mamíferos, mientras que los reptiles y anfibios fueron los grupos con menor incidencia.

Tabla 7.14 Distribución de las especies de fauna registradas en el SA del proyecto.

Grupo Faunístico	Especies	Familia	%
Aves	15	12	56
Mamíferos	5	4	18
Reptiles	4	4	15
Anfibios	3	3	11
Total	**27**	**23**	**100**

Sitios de reubicación.

La zona de reubicación de la fauna silvestre, se llevará a cabo en una zona de vegetación natural, o colindantes, o en aquellas áreas designadas como áreas verdes y que corresponden a la zona similar a la rescatada dentro del área del proyecto. En el caso de ejemplares nocivos como las serpientes, en caso de encontrarse, estos definitivamente tendrán que ser liberados en zonas retiradas del predio.

Con la implementación del Programa de rescate y reubicación de fauna, se garantiza que con el Cambio de Uso de Suelo de Terrenos Forestales de las 11.40 ha para el Proyecto no se comprometerá la integridad y funcionalidad de las poblaciones de fauna silvestre. Es oportuno mencionar que el Programa de rescate y reubicación de fauna presentan las estrategias técnicas y operativas que se llevarán cabo para dar atención a la protección y conservación de este componente ambiental.

7.7. Medidas de compensación para el suelo

Es claro que en condiciones naturales se da un proceso de arrastre y perdida de suelos, sin embargo, al realizar el proyecto se puede dar un incremento de esta pérdida en las primeras etapas, sin embargo, con la aplicación de medidas tendientes a reducir estos efectos, se reduce completamente la perdida de suelos. Por lo que para garantizar que **no se provocará la erosión de los mismos en el área sujeta a cambio de uso de suelo**, **que en este caso es de 11.40 ha, se proponen acciones tales como:**

Tabla 7.15 Acciones de mitigación de impactos sobre el suelo

Impactos potenciales	Medidas de prevención y mitigación	Supervisión de la acción
Afectación al factor Suelo	**a) Medidas de prevención**	
	Previo al inicio de los trabajos correspondientes a la etapa de preparación del sitio se impartirá a los trabajadores capacitación sobre el desarrollo del proyecto.	- Aplicación de curso obligatorio de inducción. - Colocación física y visible de señalamientos del área desplante de los elementos del proyecto. - Implementación de actividades en Bitácora y registro documental fotográfico.
	No se realizarán trabajos de mantenimiento ni reparación mecánica de los equipos y maquinaria dentro del área del proyecto. Estos trabajos se realizarán en talleres establecidos para tal fin.	- Supervisión física de la zona. - Implementación de actividades en Bitácora y registro documental fotográfico.
	El manejo de hidrocarburos se realizará siguiendo todas las precauciones necesarias para evitar que estos se derramen en el suelo, contaminándolo.	- Supervisión física de la zona. - Instalación de medidas de seguridad en bodega. - Implementación de actividades en Bitácora y registro documental fotográfico.
Afectación al factor Suelo	**b) Medidas de mitigación**	**Supervisión de la acción**
	Para evitar la defecación al aire libre se instalarán servicios sanitarios para uso obligatorio de los trabajadores, evitando así la contaminación al suelo.	- Supervisión física de la zona. - Colocación física y visible de señalamientos del correcto uso de sanitarios portátiles. - Implementación de actividades en Bitácora y registro documental fotográfico.

Impactos potenciales	Medidas de prevención y mitigación	Supervisión de la acción
Afectación al factor Suelo	**a) Medidas de prevención**	
	Previo al inicio de los trabajos correspondientes a la etapa de preparación del sitio se impartirá a los trabajadores capacitación sobre el desarrollo del proyecto.	- Aplicación de curso obligatorio de inducción. - Colocación física y visible de señalamientos del área desplante de los elementos del proyecto. - Implementación de actividades en Bitácora y registro documental fotográfico.
	No se realizarán trabajos de mantenimiento ni reparación mecánica de los equipos y maquinaria dentro del área del proyecto. Estos trabajos se realizarán en talleres establecidos para tal fin.	- Supervisión física de la zona. - Implementación de actividades en Bitácora y registro documental fotográfico.
	El manejo de hidrocarburos se realizará siguiendo todas las precauciones necesarias para evitar que estos se derramen en el suelo, contaminándolo.	- Supervisión física de la zona. - Instalación de medidas de seguridad en bodega. - Implementación de actividades en Bitácora y registro documental fotográfico.
	b) Medidas de mitigación	**Supervisión de la acción**
	Los residuos sólidos que se generen durante las diferentes etapas del proyecto serán manejados por empresas particulares contratadas para tal fin.	- Supervisión física de la zona. - Colocación física y visible de señalamientos de la disposición adecuada de residuos sólidos. - Implementación de actividades en Bitácora y registro documental fotográfico.
	El desmonte se realizará en una sola acción y de manera paulatina, conforme el avance de las obras, para evitar la exposición prolongada de las superficies, y aminorar la dispersión de partículas de polvo por el viento y el agua.	- Verificación topográfica y cartográfica del avance de la obra. - Supervisión a través de un Técnico forestal.

Así se garantiza que, con las medidas propuestas por el promovente, la erosión de los suelos se mitigará en las áreas que se afectarán por la remoción de la vegetación forestal, para motivar la autorización del Cambio de Uso de Suelo de Terrenos Forestales por excepción, tal y como lo indica el Artículo 93 de la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable.

7.8. Medidas de prevención de desastres, reducción de vulnerabilidad y adaptación al cambio climático

Para identificar aquellas medidas que corresponden a medidas prevención de desastres, reducción de vulnerabilidad y adaptación al cambio climático se toman como referencia las medidas de adaptación y mitigación para centros de trabajo establecidas por el Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC). El INECC, agrupa las medidas recomendadas en 11 grupos:

1. Medidas de adaptación y mitigación en términos de Energía
    - Incentivar e incorporar fuentes de energía alternativas, medidas de ahorro y uso eficiente de la energía en los procesos productivos.

- Incorporar medidas de ahorro y uso eficiente de la energía en centros de trabajo.
- Promover que los proveedores cuenten con certificaciones o sistemas de gestión ambiental.

2. Medidas de adaptación y mitigación en términos de Movilidad.
   - Implementar planes de movilidad para el personal y establecer horarios escalonados para evitar horas pico.
   - Aprovechar recursos tecnológicos a través de las videollamadas y las conferencias telefónicas para ahorrar tiempo y consumo de combustible por desplazamientos.
   - Mejorar las condiciones de la flota vehicular para reducir las emisiones de gases y compuestos de efecto invernadero.
3. Medidas de adaptación y mitigación en términos de Gestión Integral de Residuos
   - Diseñar e implementar un Sistema de Gestión Integral Ambiental que incluya la gestión adecuada de residuos.
   - Realizar una medición continua de residuos para reducir la cantidad que se producen, principalmente de los plásticos.
   - Utilizar productos biodegradables y materiales amigables con el medio ambiente.
4. Medidas de adaptación y mitigación en términos de Agua
   - Instalar sistemas de captación de agua de lluvia, reutilización de agua y de tratamiento de aguas residuales.
   - Evitar la contaminación de los cuerpos de agua en los procesos de producción.
   - Fomentar el uso de instalaciones hidráulicas ahorradoras de agua en grifos e inodoros.
5. Medidas de adaptación y mitigación en términos de Cuidado de ecosistemas.
   - Realizar acciones de conservación y restauración de áreas naturales donde se encuentren las instalaciones de los procesos productivos.
   - Sensibilizar e involucrar al personal en acciones ambientales como ahorro de consumibles, separación de la basura, acciones de reforestación, limpieza de áreas naturales, etc.
   - Calcular la huella ambiental y reducir los impactos ambientales de las actividades realizadas.
6. Medidas de adaptación y mitigación en términos de Salud
   - Informar al personal de posibles riesgos epidemiológicos y relacionados con eventos extremos.
   - Evitar la exposición a contaminantes climáticos de vida corta como el carbono negro en los procesos productivos.
   - Mejorar la infraestructura sanitaria de los centros de trabajo.
7. Medidas de adaptación y mitigación en términos de Seguridad Agroalimentaria.
   - Conservar y fomentar la agrobiodiversidad.

- Garantizar un uso eficiente del suelo en las actividades agropecuarias.
- Promover el uso de sistemas de riego eficientes en la producción de alimentos.

8. Medidas de adaptación y mitigación en términos de Planeación
    - Dar a conocer al personal los riesgos por eventos climáticos extremos y contar con planes de contingencia por ondas de calor, inundaciones y/o contaminación atmosférica.
    - Elaborar e implementar programas de mitigación de emisiones de CO2.
    - Mantener una estrecha comunicación y coordinación con las autoridades locales para hacer frente al cambio climático.
9. Medidas de adaptación y mitigación en términos de Organización Social.
    - Organizar, crear y formar parte de comités que den seguimiento a los riesgos y repercusiones por el cambio climático en la comunidad.
    - Incorporar prácticas de responsabilidad social empresarial con énfasis en el bienestar ambiental y el de la comunidad.
    - Promover la creación de equipos ecológicos y/o comités de vigilancia ambiental en los centros de trabajo.
10. Medidas de adaptación y mitigación en términos de Educación e información.
    - Implementar programas de educación ambiental que promuevan cambios de estilos de vida y en los patrones de consumo del personal.
    - Capacitar de manera continua al personal sobre mejoras tecnológicas, ambientales, de seguridad e higiene, etc.
    - Difundir información respecto al cambio climático y sus implicaciones y las medidas que se están tomando para actuar ante este fenómeno.
11. Medidas de adaptación y mitigación en términos de Ciencia y tecnología.
    - Incorporar proyectos de innovación tecnológica aplicada al cambio climático que favorezcan la captura o reducción de gases y compuestos de efecto invernadero.
    - Destinar recursos para apoyar proyectos de investigación científica y tecnológica en adaptación y mitigación del cambio climático.
    - Generar vínculos con universidades y centros de investigación para obtener información científica en materia de cambio climático.

A partir de la revisión y análisis de la Matriz de Subprogramas del SMGA-RT e impactos negativos sobre los que inciden las acciones que engloban, se logró identificar las medidas que contribuyen a la prevención de desastres, reducción de vulnerabilidad y adaptación al cambio climático. En ese sentido de las siguientes tablas se presentan cada una de las medidas propuestas que contribuyen a la prevención de desastres, reducción de vulnerabilidad y adaptación al cambio climático de acuerdo con la clasificación del INECC.

Tabla 7.16 Acciones de Adaptación y Mitigación al Cambio Climático en términos de Energía

Acciones de Adaptación y Mitigación al Cambio Climático en términos de Energía	
Medida propuesta de acuerdo con el SMGA-RT	**Aplicación**
Promover la implementación de ecotecnologías	Se considera que la implementación de ecotecnologías por parte del proyecto, permite el ahorro de energía eléctrica puede contribuir a reducir la generación de gases de efecto invernadero.

Tabla 7.17 Acciones de adaptación y mitigación al Cambio Climático en términos de Movilidad

Acciones de adaptación y mitigación al Cambio Climático en términos de Movilidad	
Medida propuesta de acuerdo con el SMGA-RT	**Aplicación**
Mantener humedecido y cubierto con lonas todo el material en forma de polvo que se utilice produzca o transporte.	El mantenimiento de la maquinaria y equipo, así como el uso consciente y óptimo de estos, disminuyen la generación de gases de efecto invernadero que producto de Cambio Climático
Mantener en buen estado el equipo y maquinaria	
Mantenimiento periódico de la maquinaria y vehículos	
No mantener vehículos, maquinaria o equipo encendidos innecesariamente	

Tabla 7.18 Acciones de adaptación y mitigación al Cambio Climático en términos de Gestión Integral de Residuos

Acciones de adaptación y mitigación al Cambio Climático en términos de Gestión Integral de Residuos	
Medida propuesta de acuerdo con el SMGA-RT	**Aplicación**
Los residuos sólidos se deberán acopiar de manera separada de acuerdo con su tipo en contenedores específicos en sus tres etapas de desarrollo.	La implementación de estrategias de gestión y manejo adecuado de residuos sólidos, líquidos, de manejo especial y peligrosos contribuyen en la disminución de la generación de gases de efecto invernadero al reducir el gasto de energía para la obtención de materias primas, esto al considerar que el correcto manejo de los residuos permite la el reciclaje, y reutilización materias.
Se deberán colocar contenedores para residuos sólidos apropiados para cada tipo de residuo en diversas áreas del proyecto cercanas a los frentes de trabajo.	
Elaboración de Mulch con los residuos orgánicos de las áreas verdes.	
Los residuos inorgánicos reciclables deberán acopiarse por separado de acuerdo con su tipo. Se deben colocar limpios y compactados para ser recolectados por la empresa elegida, la cual deberá encontrarse debidamente autorizada.	
Los residuos inorgánicos reciclables y no reciclables se deberán acopiar en instalaciones apropiadas.	
Los residuos de origen vegetal producto de las labores de desmonte y despalme, serán triturados para utilizarlos dentro de las áreas verdes del proyecto. Mientras que durante la etapa operativa y de mantenimiento se acopiarán en el vivero dándole el tratamiento adecuado para transformarlos en Mulch que se utilizará en las áreas verdes comunes.	
Transporte y disposición final de los residuos sólidos por empresas acreditadas.	
Colocación de sanitarios portátiles en áreas accesibles y cercanas a los frentes de trabajo a razón de uno por cada veinticinco trabajadores.	
La limpieza de los sanitarios portátiles y el manejo de los residuos generados por su uso los realizará una empresa especializada y acreditada por las autoridades competentes	

Acciones de adaptación y mitigación al Cambio Climático en términos de Gestión Integral de Residuos	
Medida propuesta de acuerdo con el SMGA-RT	**Aplicación**
Colocación de contenedores especiales para el acopio de residuos líquidos no peligrosos generados por los trabajadores, en áreas cercanas a los frentes de trabajo.	
Se promoverá entre los residentes el uso de productos químicos biodegradables en la limpieza de baños, cocinas y demás instalaciones.	
Confinamiento temporal de los residuos peligrosos según su tipo en un almacén con las características requeridas por las autoridades competentes.	
Embalaje y etiquetado adecuado de los contenedores de residuos peligrosos previo a su almacenamiento y registro en bitácora	

Tabla 7.19 Acciones de adaptación y mitigación al Cambio Climático en términos de Agua

Acciones de adaptación y mitigación al Cambio Climático en términos de Agua	
Medida propuesta de acuerdo con el SMGA-RT	**Aplicación**
Colocación de sanitarios portátiles en áreas accesibles y cercanas a los frentes de trabajo a razón de uno por cada veinticinco trabajadores.	Garantizar prevención y disminución de los riesgos de contaminación del agua contribuyen a la reducción de la utilización de sistemas de tratamiento de agua que demandan energía y que a su vez emiten gases a la atmosfera
La limpieza de los sanitarios portátiles y el manejo de los residuos generados por su uso los realizará una empresa especializada y acreditada por las autoridades competentes	
Colocación de contenedores especiales para el acopio de residuos líquidos no peligrosos generados por los trabajadores, en áreas cercanas a los frentes de trabajo.	
Se promoverá entre los residentes el uso de productos químicos biodegradables en la limpieza de baños, cocinas y demás instalaciones.	
Componentes de las vialidades (arriates) y áreas de aprovechamiento no techadas (áreas verdes ajardinadas) estarán recubiertas con materiales permeables	Implementar al proyecto sistemas permeables que garanticen la recarga de los acuíferos contribuyen a reducir los riesgos de desabasto de agua producto de las sequias y demás efectos originados por el Cambio Climático
Drenaje pluvial separado del drenaje sanitario	
Colocación de canaletas para el aprovechamiento de agua pluvial	Los sistemas de abastecimiento de agua demandan energía eléctrica, por lo que el ahorro y consumo responsable de agua reduce la emisión de gases de efecto invernadero.
Promover la implementación de ecotecnologías para el ahorro de agua	

Tabla 7.20 Acciones de adaptación y mitigación al Cambio Climático en términos de Cuidado de Ecosistemas

Acciones de adaptación y mitigación al Cambio Climático en términos de Cuidado de Ecosistemas	
Medida propuesta de acuerdo con el SMGA-RT	**Aplicación**
Elaboración de Mulch con los residuos orgánicos de las áreas verdes.	Las acciones o medidas que contribuyen con la conservación de los ecosistemas garantizan la permanecía de los servicios ambientales que los ecosistemas brindan, entre ellos
Los residuos de origen vegetal producto de las labores de desmonte y despalme, serán triturados para utilizarlos dentro de las áreas verdes del proyecto. Mientras que durante la etapa operativa y de mantenimiento se acopiarán en el vivero dándole el tratamiento adecuado para transformarlos en Mulch que se utilizará en las áreas verdes comunes.	

Acciones de adaptación y mitigación al Cambio Climático en términos de Cuidado de Ecosistemas	
Medida propuesta de acuerdo con el SMGA-RT	**Aplicación**
Se dejarán en pie los individuos arbóreos de más de 20 cm de DAP que se encuentren en las áreas del predio destinadas a jardines y áreas verdes.	
Uso preferencial de especies nativas y propias de los ecosistemas reportados en la caracterización florística del predio, para el diseño de las áreas verdes y ajardinadas del proyecto.	
Uso exclusivo de individuos que procedan de las labores de rescate de vegetación del predio o de viveros debidamente certificados por las autoridades ambientales correspondientes, para llevar a cabo las labores de reforestación y ajardinado del proyecto, de tal forma que quede verificada su legal procedencia.	
Rescate de ejemplares de plantas en las áreas de aprovechamiento del proyecto.	
Mantenimiento de plantas rescatadas en el vivero.	
Propagación de los ejemplares que no podrán ser trasplantados encontrados en las áreas de aprovechamiento del proyecto.	
Recuperación de tierra vegetal	

Tabla 7.21 Acciones de adaptación y mitigación al Cambio Climático en términos de Salud

Acciones de adaptación y mitigación al Cambio Climático en términos de Salud	
Medida propuesta de acuerdo con el SMGA-RT	Aplicación
Mantener humedecido y cubierto con lonas todo el material en forma de polvo que se utilice, produzca o transporte.	La generación de polvos podría generar un ambiente inapropiado para las personas, ya que la respiración continua y por tiempo prologando de polvos causa riesgos a la salud, por ejemplo, la denominada silicosis. Y si bien la naturaleza del proyecto no implica la generación y dispersión de cantidades considerables o excesivas de polvo, si se tomaran las medidas posibles para reducir las cantidades de generación de polvos.
Riego periódico en zonas de generación de polvos.	

Tabla 7.22 Acciones de adaptación y mitigación al Cambio Climático en términos de Seguridad Alimentaria

Acciones de adaptación y mitigación al Cambio Climático en términos de Seguridad Alimentaria	
Medida propuesta de acuerdo con el SMGA-RT	**Aplicación**
Uso exclusivo de individuos que procedan de las labores de rescate de vegetación del predio o de viveros debidamente certificados por las autoridades ambientales correspondientes, para llevar a cabo las labores de reforestación y ajardinado del proyecto, de tal forma que quede verificada su legal procedencia.	La Península de Yucatán comprende una región rica en biodiversidad, y en cuanto a flora, existen diversas especies de alimenticia tanto para el humano como para diferentes especies de fauna silvestre. Por ello la conservación de especies nativas contribuye en la preservación de elementos que podrían contribuir en la seguridad alimenticia.
Uso preferencial de especies nativas y propias de los ecosistemas reportados en la caracterización florística del predio, para el diseño de las áreas verdes y ajardinadas del proyecto.	

Tabla 7.23 Acciones de adaptación y mitigación al Cambio Climático en términos de Planeación

Acciones de adaptación y mitigación al Cambio Climático en términos de Planeación	
Medida propuesta de acuerdo con el SMGA-RT	**Aplicación**
Mantener en buen estado el equipo y maquinaria	Estas medidas constituyen acciones preventivas, que buscan reducir los riesgos de generar efectos adversos al medio ambiente. Su correcto seguimiento contribuye a que el Proyecto cuente con un enfoque sustentable.
Mantenimiento periódico de la maquinaria y vehículos	
Realizar trabajos preventivos antes del temporal de lluvias consistentes en la limpieza, desazolve, retiro de escombros u obstrucciones en las vías de comunicación del proyecto a fin de reducir riesgos de inundación y contaminación.	
Se deberá contar con personal capacitado en el manejo de contingencias	
Se deberá contar con material y equipo adecuado y suficiente para la atención de contingencias ambientales.	
Verificación periódica del mantenimiento de las instalaciones riesgosas dentro del proyecto.	
Creación de un comité de atención a contingencias ambientales	

7.9. SEGUIMIENTO Y CONTROL

Las medidas de mitigación y compensación expuestas, en la sección anterior estarán incluidas dentro de un Programa de Supervisión Ambiental. Dicho programa será el instrumento a partir del cual se establezcan los procedimientos y los medios para alcanzar los objetivos planteados, así como las medidas de prevención y mitigación mencionadas anteriormente.

INDICADORES AMBIENTALES

Un Sistema de Indicadores Ambientales tiene como objetivo medir en el tiempo los logros alcanzados por las medidas establecidas para la prevención, control y mitigación de los impactos del proyecto, y están enfocados a determinar la calidad ambiental y la protección de los recursos ambientales. Cabe mencionar que, si bien el sistema de indicadores ambientales será muy útil para monitorear el progreso hacia los objetivos del Programa de Supervisión Ambiental, su utilidad se apreciará en mayor grado en el largo plazo, en donde se evidenciarán tendencias y se podrá concluir en cuanto a la efectividad de las medidas aplicadas.

Tabla 7.24 Listado de indicadores ambientales a considerar dentro del SMGA-RT

Medida	Tipo de medida	Indicador de efectividad y cumplimiento	Tipo de registro	Medida en caso de desviación
Manejo integral de residuos solidos	Prevención	Número de veces que se realiza la recolección de los materiales (en función de las visitas previstas)	Formatos de campo, bitácoras de ejecución y evidencia fotográfica	Llamada de atención al contratista, sanción al contratista. Planificar recolección para materiales que se encuentren fuera de tiempo
Manejo integrado de residuos peligrosos	Prevención	Número de veces que se realiza la recolección de los materiales (en función de las visitas previstas)	Formatos de campo, bitácoras de ejecución y evidencia fotográfica	Llamada de atención al contratista, sanción al contratista. Planificar recolección para materiales que se encuentren fuera de tiempo
Manejo integrado de residuos sanitarios	Prevención	Número de veces que se realiza la recolección de los materiales (en función de las visitas previstas)	Formatos de campo, bitácoras de ejecución y evidencia fotográfica	Llamada de atención al contratista, sanción al contratista. Planificar recolección para materiales que se encuentren fuera de tiempo
Manejo integrado de residuos de las obras	Prevención	Número de veces que se realiza la recolección de los materiales (en función de las visitas previstas)	Formatos de campo, bitácoras de ejecución y evidencia fotográfica	Llamada de atención al contratista, sanción al contratista. Planificar recolección para materiales que se encuentren fuera de tiempo
Limpieza de zonas (obras y derrames)	Prevención	Número de zonas en donde es necesario realizar labores de limpieza/ número de zonas en donde se realizó la limpieza	Formatos de campo, bitácoras de ejecución y evidencia fotográfica	Llamada de atención al contratista, sanción al contratista. Planificar recolección para materiales que se encuentren fuera de tiempo
Capacitación en tema de residuos	Prevención	Evaluaciones y reporte de incidencias	Lista de asistencia	Actualizar y aplicar de nuevo la capacitación
Riego periódico (en temporada de secas)	Mitigación	Riego periódico (en función de número de humectaciones realizadas por jornada)	Bitácora de ejecución de la acción, fotografías y (de ser el caso) el respectivo formato de campo.	Aumentar el número de humectaciones
Apagado de motores de equipos inactivos o con tiempos mayores a 5 min.	Prevención	Número de sanciones/mes	Registro interno en las obras de horas de trabajo-consumo de energía de los equipos.	Sanciones para el contratista y fomento de ejecución de acciones correctivas.

Medida	Tipo de medida	Indicador de efectividad y cumplimiento	Tipo de registro	Medida en caso de desviación
Prohibición de quema de materiales o residuos	Prevención	Eventos de quema de material o residuos (en función de la ocurrencia o no ocurrencia del evento)	Bitácora de ejecución de la acción, fotografías y (de ser el caso) el respectivo formato de campo.	Disminuir los eventos de quema de material o residuos
Buenas prácticas de transporte de material	Prevención	Número de vehículos que cumplieron con el uso de cubierta de material a transportar.	Bitácora de ejecución de la acción, fotografías y (de ser el caso) el respectivo formato de campo.	Fomentar la cubierta de material al transportar.
Mantenimiento preventivo de equipos, maquinaria y vehículos	Prevención	Número de equipos, maquinaria y vehículos que cumplieron con el mantenimiento preventivo en un centro autorizado. (Considerando las normas NOM-041- SEMARNAT-2006, NOM-044-SEMARNAT- 2006, NOM-045-SEMARNAT-2006, NOM- 050-SEMARNAT-1993, y NOM-080-SEMARNAT-1994).	Bitácora de ejecución de la acción, fotografías y (de ser el caso) el respectivo formato de campo.	Aumentar el mantenimiento preventivo de equipos, maquinaria y vehículos. Ejecución de acciones correctivas en caso de rebasar los límites máximos permisibles de las normas de referencia NOM-041- SEMARNAT-2006, NOM-044-SEMARNAT- 2006, NOM-045-SEMARNAT-2006, NOM-050-SEMARNAT-1993, y NOM-080- SEMARNAT-1994.
Monitoreo de los niveles de ruido	Prevención	Realización de monitorios de los niveles de ruido (en función de la realización o no de los monitoreos	Bitácora de ejecución de la acción, fotografías y (de ser el caso) el respectivo formato de campo. Además, deberá tenerse el registro y resultados del monitoreo en cuestión	Aumentar los monitorios de los niveles de ruido
Monitoreo de los niveles de ruido	Prevención	Realización de monitorios de ruido para conocer los niveles (contemplando los límites máximos permisibles de la NOM-081- SEMARNAT-1994)	Bitácora de ejecución de la acción, fotografías y (de ser el caso) el respectivo formato de campo. Además, deberá tenerse el registro y resultados del monitoreo en cuestión	Aumentar los monitorios de los niveles de ruido. En caso de que los resultados de los monitorios de los niveles de ruido se encuentren por encima de los límites máximos permisibles según la NOM-081- SEMARNAT-1994 será necesario realizar acciones correctivas.
Capacitación en tema de atmosfera y aire	Prevención	Evaluaciones y reporte de incidencias	Lista de asistencia	Actualizar y aplicar de nuevo la capacitación

Medida	Tipo de medida	Indicador de efectividad y cumplimiento	Tipo de registro	Medida en caso de desviación
Reubicación de individuos de flora	Mitigación	Eficiencia en la reubicación, esto es: Número de individuos vivos entre número de individuos reubicados, este valor debe ser igual o mayor a 80%	Censo después del trasplante, bitácora de ejecución de la acción, fotografías	Reposición de planta muerta
Adquisición o producción de individuos forestales para reforestación	Compensación	Efectividad en la reforestación, esto es: número de individuos rescatados entre número de individuos reubicados, este valor debe ser igual o mayor a 80%	Censo después del trasplante, bitácora de ejecución de la acción, fotografías	Reposición de planta muerta
Rescate y reubicación de fauna	Prevención	Eficiencia del rescate, esto es: número de individuos de rescatados entre el número de individuos reubicados, este valor debe ser de un 85%	Uso de bitácoras, formatos de campo, evidencias fotográficas.	Sanciones al contratista y ejecución de acciones correctivas
Capacitación en tema de Biodiversidad	Prevención	Evaluaciones y reporte de incidencias	Lista de asistencia	Actualizar y aplicar de nuevo la capacitación
Señalización	Prevención	Número de actividades con señalización visualizada y registrada	Bitácora de ejecución de la acción, fotografías y (de ser el caso) el respectivo formato de campo.	Sanciones para el contratista y fomento de ejecución de la acción previo a la realización de otras actividades
Elaboración de un reglamento de contratistas, en el que se incluirá reglas para el tránsito de vehículos.	Prevención	Número de sanciones/mes	Reglamento de contratistas.	Sanciones para el contratista y fomento de ejecución de acciones correctivas.
Capacitación sobre la aplicación del reglamento.	Prevención	Número de sanciones/mes	Registros de capacitación sobre el reglamento de contratistas. Registro de sanciones.	Sanciones para el contratista y fomento de ejecución de acciones correctivas. De ser el caso repetir el o los cursos de capacitación necesarios.
Capacitación sobre los criterios generales necesarios que permitan reconocer, evitar y prevenir riesgos de seguridad y salud en el lugar de trabajo	Prevención	Número de sanciones/mes	Registros de capacitación sobre los criterios generales necesarios para reconocer, evitar y prevenir riesgos de seguridad y salud en el	Sanciones para el contratista y fomento de ejecución de acciones correctivas. De ser el caso repetir el o los cursos de capacitación necesarios.

Medida	Tipo de medida	Indicador de efectividad y cumplimiento	Tipo de registro	Medida en caso de desviación
			lugar de trabajo. Registro de sanciones.	
Acciones para minimizar la afectación a salud y calidad de vida en el lugar de trabajo	Prevención	Número de accidentes/unidad de tiempo	Reporte de accidentes de trabajo	Evaluación de causa raíz e Implementar las acciones correctivas que indique el especialista. Sanción al contratista
Ahorro de agua cruda y potable	Prevención	No. de pipas/jornada de trabajo	Bitácora de riego de áreas	Reforzamiento de capacitación/Sanción
Capacitación en tema de seguridad en el trabajo	Prevención	Evaluaciones y reporte de incidencias	Lista de asistencia	Actualizar y aplicar de nuevo la capacitación
Capacitación en tema de agua	Prevención	Evaluaciones y reporte de incidencias	Lista de asistencia	Actualizar y aplicar de nuevo la capacitación
Capacitación en tema de suelo	Prevención	Evaluaciones y reporte de incidencias	Lista de asistencia	Actualizar y aplicar de nuevo la capacitación
Capacitación en tema de normatividad	Prevención	Evaluaciones y reporte de incidencias	Lista de asistencia	Actualizar y aplicar de nuevo la capacitación

7.10. INFORMACIÓN NECESARIA PARA LA FIJACIÓN DE MONTOS PARA FIANZAS

Con respecto a la fijación montos para fianzas, a través del presente DTU-BP, se hace el compromiso que de resultar autorizado el Proyecto, se realizará el correspondiente Estudio Técnico Económico que permita determinar los costos de la aplicación de las medidas de mitigación aquí expuestas; a fin de garantizar su cumplimiento y aplicación.

7.11. Estimación del Costo de las Actividades de Restauración con motivo del Cambio de Uso del Suelo

La presente estimación del costo de las actividades por la restauración forestal es en apego al artículo 7 fracción LVI de la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable y que se define como el conjunto de actividades tendentes a la rehabilitación de un ecosistema forestal para recuperar parcial o totalmente sus funciones originales.

La presente estimación económica considera únicamente el sitio del proyecto donde habrá remoción de vegetación y despalme de suelo para dar paso al desarrollo del proyecto. Dicha superficie del proyecto abarca 7.98 hectáreas, y tal como se ha manifestado en el este Estudio Técnico, el resto de la superficie corresponde a vegetación de selva mediana subperennifolia/vegetación secundaria en la cual la restauración únicamente requerirá de acciones de protección.

Las actividades necesarias para la restauración han sido clasificadas considerando que la superficie del sitio del proyecto para la cual se solicita el cambio de uso de suelo corresponde a vegetación forestal en su condición de selva por lo que dicha actividad requiere de acciones dirigidas a restablecer las condiciones y características naturales que dicha superficie actualmente presenta.

A continuación, se enlistan y describen dichas actividades.

- ✓ Preparación del sitio.
- ✓ Producción de plantas.
- ✓ Reforestación.
- ✓ Mantenimiento del área restaurada.
- ✓ Monitoreo.
- ✓ Asistencia Técnica.

El análisis de costos que a continuación se presenta se ha realizado lo más cercano posible a las condiciones actuales tanto de servicios como de productos necesarios para llevar a cabo las actividades de restauración propuestas. Para ello se ha cotizado costos con empresas involucradas en el ramo y ubicadas en estado de Quintana Roo, principalmente en la zona norte (como son constructoras, ferreteras, jardineras y prestadores de servicios turístico).

Además, se tiene en cuenta que la restauración ambiental del sitio se considerará exitosa si se logra que la reforestación realizada tenga una sobrevivencia del 80% y que la altura de la planta sea de 1.50 m, lo cual se estima podrá ocurrir en un periodo de 2-3 años. Los

datos que se presentan en este apartado obedecen a un escenario de 10 a 15 años como mínimo, por lo que la presente estimación económica se presenta para 10 años.

Es importante mencionar que la estimación económica de las actividades de restauración con motivo del cambio de uso de suelo del Proyecto, en una superficie de 7.98 ha representa solamente una estimación de los costos necesarios para devolver al terreno a su condición actual por un período de establecimiento de 3 años y un periodo de seguimiento de 10 años.

7.11.1. Preparación del sitio.

Esta es la primera actividad para realizar la restauración del sitio, cuyo periodo de duración, materiales, costos incluso la necesidad de llevarse a cabo o no depende en gran medida de las condiciones en las que se encuentre el terreno. Por lo que para tener un parámetro aceptable en esta estimación partiremos de las acciones mínimas necesarias para tener una restauración exitosa.

Cualquier actividad relacionada con la preparación del terreno implica mano de obra el cual varía en función de la superficie y el trabajo a realizar. Para el Proyecto se parte del supuesto de la realización de actividades de remoción de malezas, y mejoramiento de la capa orgánica del suelo, como preparación del sitio por lo que se estima el orden de unos 30 jornales por hectárea, tomando en cuenta como jornal un periodo de trabajo de 8 horas con un costo de 250.00 pesos, así mismo se tiene que el monto de dicha actividad por una superficie de 7.98 hectáreas será de (239.4 jornales x 250 pesos) **$59,850.00 pesos**.

7.11.2. Producción de plantas.

Una vez preparado el terreno se llevará a cabo la reforestación de la superficie afectada (7.98 ha) con una densidad promedio de 1,089 plantas por hectárea. Tomando en cuenta que la densidad promedio por hectárea reportada para el predio en este estudio es de 3,029 para el estrato arbóreo-arbustivo, es decir especies con diámetros a partir de 5 cm, y considerando que la superficie total corresponde a 7.98 ha, se estima que se requerirá un total de 8,690 plantas.

Por otra parte, se toma como referencia que la producción de cada planta en vivero hasta alcanzar un mínimo de 30 cm de altura (que se estima suficiente para el trasplante), se calcula en $30.00 pesos por planta por lo que adquirir 8,690 plantas tendrán un costo de **$260,700.00 pesos**.

De acuerdo con especialistas en la materia (jardinería y plantaciones de árboles en desarrollos turísticos y urbanos), en la Riviera Maya y principalmente en la ciudad de Playa del Carmen el costo promedio por apertura de cepa es de $15 pesos cada una y por la plantación es igualmente de $15 pesos cada una es decir un total de $30 pesos por ambas actividades. Considerando el total de plantas a reforestar (8,690) el total estimado por la apertura de cepas y plantación es de **$260,700.00 pesos**.

7.11.3. Mantenimiento del área restaurada.

En la etapa inicial de la plantación y durante los primeros meses será necesario el riego de auxilio y el control de la maleza con el objeto de los ejemplares plantados tengan mayor probabilidad de sobrevivencia esto se aplicará de la siguiente forma:

- **Riego de auxilio.** Durante los tres primeros meses se realizará 4 riegos de auxilio por mes con un costo de $4000 pesos por ha, por lo que el riego total en los tres meses de las 7.98 ha tendrá un costo de **$95,760.00**. Es importante mencionar que el riego de auxilio es solamente para lograr el prendimiento de la plantación ya que esta se mantendrá con las lluvias de la temporada.

- **Control de malezas.** El control de la maleza o chapeo se realizará con mayor frecuencia en el primer año teniendo 3 chapeos durante el primer año y 2 durante el segundo año en total serán 5 chapeos con un costo de $1,800.00 pesos por ha es decir **$71,820.00 pesos** por los 5 chapeos.

- **Reposición de plantas.** Durante este tiempo se realizará la reposición de las plantas. Actividad que ya se encuentra considerada dentro de porcentaje de sobre vivencia y costo.

7.11.4. Monitoreo.

Finalmente se requiere monitorear el desarrollo de los ejemplares plantados con el propósito de conocer los porcentajes de sobrevivencia de los mismos. Esta actividad se realizará durante los primeros cinco años dicha actividad se realizará en campo cada seis meses teniendo un costo de $30,000 pesos cada uno. En total en los 5 años se realizarán 10 visitas de monitoreo con un costo total de $300, 000.00 pesos.

7.11.5. Asistencia Técnica.

Todas estas actividades que se mencionan para la restauración del área deberán ser supervisadas por personal técnico forestal con registro el cual tendrá que realizar las siguientes acciones:

- Seleccionar las especies que serán reintroducidas al área afectada de acuerdo al inventario forestal del predio.
- Asesorar y supervisar en caso que la planta sea producida en vivero en el predio
- Supervisar el trazo y marcado del área de reforestación
- Supervisar la apertura de cepas y la reforestación
- Monitorear el proceso de adaptación de la plantación
- Elaborar los informes técnicos correspondientes

El costo que implica contratar los servicios técnicos forestales es de aproximadamente 30,000 pesos mensuales durante un periodo mínimo de cinco años por lo que el monto tal por dichos servicios será de $ **1, 800,000.00 pesos.**

En la siguiente tabla se presenta un resumen de los costos de las actividades de restauración del conjunto de predios bajo el supuesto que se pretenda regresar a las condiciones actuales la superficie de 7.98 hectáreas del proyecto tras el cambio de uso de suelo.

Tabla 7.25 Resumen de las actividades de restauración.

#	Actividad	Costo en pesos mexicanos
1	Preparación del sitio	59,850.00
2	Producción de plantas	260,7(
3	Plantación	260,700.00
4	Riego de auxilio	95,760.00
5	Control de malezas	71,820.00
6	Monitoreo	300,000.00
7	Asistencia Técnica	1,800,000.00
Total		**$4'433,691.40**

7.11.6. Análisis de la estructura y funcionalidad del ecosistema

La vegetación que se desarrolla en el Sistema Ambiental y de la que forma parte la vegetación que se desarrolla en el predio, mantiene su funcionalidad en el adecuado equilibrio entre los componentes bióticos y abióticos.

La presencia de la cubierta vegetal, entre otras funciones, mantiene relación estrecha con las características de permeabilidad y estructura del suelo. Lo anterior, a su vez, establece las condiciones de soporte de la vegetación que como productora primaria se convierte en el origen de las distintas cadenas tróficas compuestas por insectos, aves, reptiles, mamíferos y descomponedores.

Para ello, hay que tener presente que la sucesión vegetal es un proceso ordenado de desarrollo de una comunidad razonablemente racional y predecible, resultando de la modificación del medio ambiente por la comunidad y/o disturbios naturales o inducidos el medio ambiente físico (suelo, clima), determina el patrón, la tasa de cambio y, a menudo, impone los límites hasta donde este desarrollo puede avanzar.

Por otro lado, según Berger (1993)[3] la regeneración puede ocurrir naturalmente sin la intervención del hombre, este es un proceso extremadamente lento, por lo cual, en ocasiones es necesario recurrir a las técnicas de restauración ecológica para acelerar la sucesión y por lo tanto la recuperación del ecosistema. La restauración debe contemplar la combinación de múltiples conocimientos científicos sobre ecofisiología de las especies vegetales, las características del suelo, la dinámica de los nutrimentos en el mismo, la historia natural de la localidad, el uso de suelo tradicional, el impacto de la transformación del sistema en las comunidades humanas que lo aprovechan y la importancia económica y social potencial de las especies nativas, entre otros. Esto, a fin de generar como resultado un sistema altamente diverso y similar, en cuanto a composición y estructura, al original.

El proceso de planificación de la restauración comienza eliminando o neutralizando los factores que impiden la recuperación del sistema, por lo que es de vital importancia definir

[3] Berger, J. 1993. Ecological Restoration and Non Indigenous Plant Species: A Review. Restoration Ecology. June: 74-82

la problemática del sitio para posteriormente definir la meta y objetivos que se quieren conseguir. Además, es de suma importancia que los procesos de planificación se basen en el conocimiento, estructura, funcionamiento y dinámica de los ecosistemas a restaurar y en las relaciones establecidas entre éstos y los sistemas humanos (Montes, 2002)[4].

La estructura y funcionalidad del ecosistema para el caso que se hubiese determinado la restauración de las 7.89 ha, el paso inicial habría de ser la restitución del suelo, ya que este es el elemento que determinará en última instancia la distribución y abundancia de la vegetación en la superficie que pudiera sujetarse a la restauración a efecto de cubrir, de inicio y parcialmente, la infiltración de agua al subsuelo.

Dadas las condiciones locales en las que la vegetación cubre amplias extensiones, se está en posibilidad de favorecer la sucesión secundaria, así como la inducción de especies arbóreas de rápida regeneración.

En este momento puede plantearse un escenario en el corto plazo, uno a dos años, en el cual el terreno permite el drenaje natural del agua pluvial y se restablecen, de manera natural o parcialmente asistida, el suelo se ha cubierto con plantas herbáceas. Una vez comenzado el proceso de sucesión secundaria, se opta por acelerarlo para llevarlo a una comunidad más compleja y rica en especies. Lo anterior es posible favoreciendo en esta etapa la siembra de especies no-pioneras. En los espacios donde se determine una sucesión detenida se recurrirá a la inducción de una mezcla de especies locales en virtud de preservar las especies.

Se favorece la reintroducción de otras especies y, por tanto, se formula un escenario intermedio, de dos a seis años. Este determinará la regeneración de condiciones favorables de luz y humedad, situación que habrá de favorecer la instalación natural del sotobosque y permitirá la inducción de otras especies arbustivas.

El ambiente así restaurado admite un esquema de manejo dirigido a la recuperación de una estructura y funcionalidad semejantes al ensamble original. Alcanzar la comunidad clímax, en este momento, deriva en una cuestión de tiempo en el cual los árboles compiten entre sí por los recursos del suelo, las aves trasladan al sitio semillas obtenidas en otros lugares, el suelo recupera sus propiedades fisicoquímicas. Paulatinamente, se incrementa el horizonte húmico que a su vez soporta una mayor carga biológica.

Este escenario intermedio planteado, puede adquirir en poco tiempo un amplio dosel (Gómez-Pompa y Vázquez-Yanes, 1981)[5] el cual atrae aves y murciélagos que al visitarlo aumentan la riqueza de especies por el proceso llamado lluvia de semillas (Martínez-Garza y González-Montagut, 2002)[6] y, más tarde, aumentan la riqueza de la comunidad establecida. Finalmente, la biomasa de la vegetación original puede recuperarse después de algunas décadas (Finegan, 1996).

Así es como se establece el tercer escenario, de seis a quince años basado en los procesos naturales de sucesión secundaria en hábitats neotropicales que han sido estudiados. La

[4] Montes S. Frederiksen. 2002. Manual de métodos Básicos de Muestreo y Análisis de Ecología Vegetal, Santa Cruz de la Sierra Bolivia. 82p.
[5] Gómez-Pompa, A.; Vázquez-Yanes, C. 1981. Successional studies of a rainforest in México. In: West, D.C.; Shugart, H.H.; Botking, D.B., eds. Forest succession, concepts, and applications. New York: Springer- Verlag: 246-266.
[6] Martínez-Garza, C. and R. González-Montagut. 2002. Seed rain of fleshy-fruited species in tropical pastures in Los Tuxtlas, Mexico. Journal of Tropical Ecology, 18: 457-462.

fase de madurez u óptima, es aquella donde las especies sobresalientes dominan los estratos superiores (donde participan especies heliófitas, esciófitas y hemisciófitas).

Al momento de la restauración deben ser tomadas en cuenta las características específicas del sitio y al momento de iniciarlo ya que en caso de que los procesos de sucesión secundaria hayan comenzado de manera natural se recomienda acelerar el proceso que llevará a un sitio complejo y rico en especies mediante la siembra de especies locales. La presencia de herbívoros y granívoros también es importante para la adecuada selección de las especies de refuerzo (Martínez-Garza et al., 2003[5], Martínez-Garza et al., 2004b)[7].

En esta fase ya no se realizan actividades de fomento encaminadas al establecimiento de nuevas especies; porque la vegetación ya ha alcanzado niveles de autosuficiencia, los árboles ya cuentan con alturas superiores a los 3 metros, con fustes bien definidos; a partir de los 15 años se pueden encontrar árboles con diámetros normales de 15 cm, para especies de rápido crecimiento la cobertura de copa ya es superior al 90%, y las condiciones de protección de la vegetación hacia la fauna silvestre es tal que ya se inicia el proceso de colonización de especies de mamíferos gracias a la creación de nuevos hábitats.

A partir de los 15 años de edad ya se puede considerar una selva juvenil con dominancia del estrato superior de especies heliófitas y en esa edad ya se puede notar la presencia de un grupo importante de especies esciófitas que inician la colonización del estrato de piso; esta incorporación de nuevas especies tolerantes a la sombra, es el resultado del establecimiento de nuevos nichos de fauna silvestre que se encargan de dispersar semillas traídas desde zonas cercanas cubiertas con vegetación de selva. A partir de esta etapa, la continuidad de la sucesión ecológica de la selva que fue promovida en el predio, ya se puede señalar que las condiciones de diversidad, estructura, funcionalidad y generación de servicios ambientales, tendrán las mismas características de la vegetación que actualmente se desarrolla en el predio. Los riesgos constantes en relación a la suspensión del proceso de restauración de esta selva, están relacionados a la presencia de fenómenos meteorológicos, como es el caso de huracanes.

[7] Martínez-Garza C. and H.F. Howe. 2003. Restoring tropical diversity: beating the time taxon species loss. Journal of Applied Ecology 40: 423 -429.
Martínez-Garza, C., S. Saha, V. Torres, J. S. Brown and H. F. Howe. 2004. Planting densities and bird and rodent absence affect size distributions of four dicots in synthetic tallgrass communities. Oecologia, 139: 433-439.

7.12. CONCLUSIONES

El SMGA-RT contempla 250 medidas de prevención y 69 medidas de mitigación, a implementarse durante las tres etapas del proyecto. Respecto a la correspondencia de dichas medidas con los impactos negativos significativos y los factores más susceptibles del medio a recibir impactos (véase capítulo 5 para mayor detalle):

- Se incluyen 12 medidas de prevención y 07 de mitigación para el impacto negativo significativo modificación del paisaje.

- Se incluyen en total 39 medidas de prevención y 04 medidas de mitigación para los impactos en el factor aire.

- Se incluyen en total 50 medidas de prevención y 08 medidas de mitigación para los impactos en el factor suelo.

- Se incluyen en total 22 medidas de prevención y 11 medidas de mitigación para los impactos en el factor fauna.

Los impactos con mayor número de medidas totales son: la alteración en la calidad del agua por generación de residuos sólidos, líquidos y peligrosos con 39 medidas, seguido de la alteración en la calidad del suelo por generación de residuos sólidos, líquidos y peligrosos con 36 medidas y la alteración en la calidad del aire por generación de gases y polvos con 35 medidas.

En este Capítulo se ha mostrado como el Proyecto a través de su Sistema de Manejo y Gestión Ambiental establece medidas preventivas, de mitigación y las demás necesarias para evitar y reducir al mínimo los efectos negativos sobre el ambiente que pudiera ocasionar su desarrollo, pues atiende a los impactos identificados para el proyecto en el capítulo 5 de este DTU-BP y se apega a lo establecido en los instrumentos jurídicos aplicables.

De este modo es posible afirmar que el proyecto cumple con lo establecido en las Guías para la Elaboración de un Documento Técnico Unificado Particular modalidad B, así como en lo establecido en el Artículo 30 de la LGEEPA sobre el contenido de una Manifestación de Impacto Ambiental. Aunado a la observancia de dicho artículo, el diseño y futura implementación del SMGA, en caso de resultar autorizado el proyecto, representa un compromiso de garantía para la atención y mitigación adecuada de los impactos ambientales esperados con la construcción y operación del proyecto, otorgándole la viabilidad ambiental necesaria en cada una de las etapas de su implementación.

Con las medidas propuestas en el presente Capítulo 7, queda de manifiesto que el proyecto se apega a la legislación ambiental vigente en materia de Evaluación de Impacto Ambiental y legislación forestales vigente, además de que demuestra que es ambiental y legalmente viable.

ROTONDA

CAPÍTULO 8. PRONÓSTICOS AMBIENTALES

DOCUMENTO TÉCNICO UNIFICADO MODALIDAD B PARTICULAR

Contenido

CAPÍTULO 8. PRONÓSTICOS AMBIENTALES 2
8.1. Introducción 2
8.2. Antecedentes Legales 3
8.3. Análisis Retrospectivo 3
8.4. Pronósticos del Escenario del Proyecto 6
8.4.1. Descripción y Análisis del Escenario sin Proyecto 6
8.4.2. Descripción y Análisis del Escenario con Proyecto 7
8.4.3. Descripción y Análisis del Escenario Considerando las Medidas de Mitigación 8
8.5. Pronóstico Ambiental 10
8.6. Programa de Supervisión y Vigilancia Ambiental 11
8.6.1. Programa de Monitoreo Ambiental 13
8.7. Conclusiones 13

8.1. Introducción

La fracción VII Artículo 13 del Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente, señala que se debe analizar el efecto que tendrá la implementación del Proyecto en el Sistema Ambiental (SA), considerando los impactos ambientales que se pudieran generar (Capítulo 5), así como el efecto que tendrán las medidas de mitigación y compensación propuestas (Capítulo 7).

Con base en lo anterior, en este capítulo se presenta un pronóstico ambiental de lo que resultará la implementación del Proyecto en el Sistema Ambiental (SA) (definido en el Capítulo 4) en el que se vea reflejado el efecto de las obras y actividades a desarrollar y como las medidas de mitigación y compensación actuarán sobre los impactos ambientales identificados en el Capítulo 5. A lo largo de este capítulo se presenta:

a) Un análisis retrospectivo del escenario ambiental del sitio.

b) Descripción del escenario ambiental actual del sitio sin Proyecto, que retoma el diagnóstico ambiental presentado en el Capítulo 4.

c) Descripción del proyecto con los impactos ambientales que éste generará.

d) Pronóstico del escenario ambiental con la implementación del Proyecto.

e) Programa de vigilancia ambiental que retoma lo establecido en el Capítulo 7 del presente Documento Técnico Unificado modalidad B Particular (DTU-BP).

Como se menciona y desarrolla a lo largo del presente DTU-BP, la empresa promovente consideró para la implementación del Proyecto, un delicado proceso de planificación ambiental que direccionó el diseño del Proyecto hacia un esquema de viabilidad ambiental, sustentado con el trabajo y recomendaciones de especialistas. De este modo es posible afirmar que la propuesta del Proyecto es ecológicamente viable pues es congruente con:

- La conservación y uso sostenible de los ecosistemas y recursos naturales del terreno y la región.
- El cumplimiento de todos los instrumentos legales y normativos aplicables.
- La generación de un proyecto ambiental, legal y arquitectónicamente sustentable.
- La integración del Proyecto al paisaje y el medio ambiente,
- La generación de beneficios sociales y económicos para la población local y de la región,
- El impulso de la economía regional y nacional a partir de la oferta de vivienda y espacios comerciales para la captación de divisas y generación de empleos.

Es importante mencionar que si bien los análisis que se presentan en este capítulo se fundamentan en las herramientas e instrumentos jurídicos, de planeación y ordenamiento del territorio que aplican a la zona; así como también en los diversos estudios realizados y plasmados en el presente DTU-BP, cabe señalar que, estos escenarios son cambiantes a lo largo del tiempo, por lo que podría esperarse ciertas modificaciones de los pronósticos presentados, es decir, dada la volatilidad de las políticas públicas y de los instrumentos de ordenación y planeación de desarrollo, cualquier expectativa fundamentada en la factibilidad de desarrollo sustentable puede ser modificada conforme los intereses de las poblaciones o administraciones.

De manera general y con base en los análisis realizados, es posible afirmar que la implementación del Proyecto en el marco del SA, no compromete la existencia, estructura y función de los ecosistemas y recursos naturales involucrados, debido que se ubica fuera de ecosistemas críticos y ha sido diseñado mediante el análisis de procesos ambientales relacionados con los procesos constructivos y de diseño; aunado a lo anterior, se ha propuesto un Sistema de Manejo y Gestión Ambiental (SMGA) que permite dar el seguimiento adecuado.

8.2. Antecedentes Legales

El proyecto Rotonda, se encuentra inserto dentro del plan maestro del macroproyecto Ciudad Mayakoba (antes conocido como “El Ximbal”) autorizado en materia de impacto ambiental mediante oficios No. SGPA/DGIRA/DG/04219 de fecha 19 de junio del 2013 y sus posteriores modificaciones en materia de impacto ambiental, siendo la más reciente la autorizada mediante el oficio resolutivo SGPA/DGIRA/DG/02437 de fecha 19 de junio de 2021. En el Capítulo 3 de este DTU-BP, se describe a detalle la vinculación con distintos instrumentos jurídicos de interés y aplicables al proyecto, por lo anterior, se concluye que el Proyecto se apegará en su totalidad a toda norma y ley aplicable; respetando los criterios obligatorios del plan maestro y considerando las recomendaciones que se plantean en los diferentes documentos de orden jurídico.

8.3. Análisis Retrospectivo

Se realizó un análisis retrospectivo del área del Proyecto, del SA y área circundante, utilizando para ello imágenes de satélite obtenidas de Google Earth de los años 2004, 2010, 2016, 2019 y 2024 (Figura 8.1).

Figura 8.1. Comparativa de las condiciones naturales de los lotes que componen el Proyecto, SA y área circundante, fotografías satelitales de los años 2004, 2010, 2016, 2017, 2019 y 2024. Fuente Google Earth.

2004



2010



2016



2017



2019



2024



De 2004 (foto más antigua con nitidez que aloja la fuente de información) a la fecha se registró que, en el área del Proyecto, el SA y área circundante, existen cambios en sus componentes naturales, que son catalogados de la siguiente manera: 1) Zonas modificadas, 2) zonas con infraestructura y, 3) zonas con vegetación natural.

Las zonas modificadas corresponden principalmente a áreas donde la cobertura del terreno es diferente al natural, pero no se observa infraestructura, la causa es atribuible al desmonte de la vegetación para su uso con otro fin.

Las zonas con infraestructura corresponden a áreas donde la cobertura del terreno es diferente al natural, la causa es atribuible a desmontes realizados para la construcción de caminos, edificaciones y aprovechamiento de materiales pétreos.

Las zonas con vegetación natural son aquellas en las que se observa una comunidad vegetal, que en algunos casos presenta procesos de sucesión ecológico, con vegetación secundaría o que corresponde a vegetación inducida.

Es importante señalar que, como principales factores de influencia en la conformación de las condiciones actuales de la zona donde se ubica el Proyecto, el SA y su área circundante se encuentran:

- **Procesos antropogénicos.** Derivados de la tendencia histórica de crecimiento que ha registrado esta región para con el desarrollo urbano y turístico. Cabe recordar que la zona del Proyecto y el SA, es percibida y clasificada por el Programa de Ordenamiento Ecológico Local de Solidaridad, como de desarrollo y crecimiento, con una vocación de uso de suelo urbana, asociada a la ciudad de Playa del Carmen y por ello ha sido denominada como Reserva Urbana Norte-Sur de Playa del Carmen.

- **Fenómenos hidrometeorológicos.** Por su geolocalización el Proyecto, SA y área circundante, los hace altamente vulnerables a huracanes y tormentas. De acuerdo a los resultados obtenidos en la caracterización ambiental de la vegetación realizada para el Proyecto en diciembre de 2021, se observó que ésta ha sido objeto de modificaciones de carácter natural debido a los fenómenos atmosféricos de tipo extraordinario que se han manifestado en la región, por mencionar a algunos se encuentran Beulah (1967), Gilberto (1988), Wilma (2005), entre otros.

8.4. Pronósticos del Escenario del Proyecto

8.4.1. Descripción y Análisis del Escenario sin Proyecto

De acuerdo con el diagnóstico ambiental realizado al SA, durante el cual se identificaron procesos y agentes de cambio, el escenario de éste sin el Proyecto presenta una tendencia de modificación de los recursos naturales, el principal motivo de alteración sin duda alguna es originada por las actividades antropogénicas, ya sean productivas o de servicios, esto queda en evidencia de acuerdo a lo observado en el análisis retrospectivo presentado en el apartado previo, en el que se puede observar con claridad que en la actualidad el cambio de uso de suelo ha sido el principal agente perturbador, tanto del SA como de su área circundante.

La anterior tendencia está ligada al rápido crecimiento urbano y turístico que registra la región en donde se ubica tanto el Proyecto como el SA. Considerando las proyecciones de desarrollo de los diferentes programas que regulan el uso del suelo en el Proyecto, SA o área circundante, se tiene que se espera una transformación del medio en aras del desarrollo de infraestructura urbana-habitacional, turística, comercial, equipamiento, industrial, etc., del 69.99% para el Programa de Desarrollo Urbano de Solidaridad, del 46.27% para el Programa de Desarrollo Urbano del Centro de Población Playa del Carmen y del 67% para el Programa Parcial de Desarrollo Urbano El Jesusito (PPDU-J).

Desde el punto de vista de desarrollo urbano es difícil no considerar el posible desarrollo del Proyecto, reconociendo que en el área que lo rodea se registra un proceso de desarrollo de naturaleza urbana-turística en crecimiento continuo, en el que el cambio de uso de suelo se ha realizado ya desde hace varios años, tan así que la unidad de gestión ambiental (UGA 14) del Programa de Ordenamiento Ecológico Local del Municipio de Solidaridad (POEL Solidaridad) en donde se encuentra ubicado el Proyecto, determina una política ambiental de aprovechamiento sustentable y una vocación de uso de suelo urbana; así mismo el PPPDU-J ha establecido para el Proyecto un uso de suelo congruente con el POEL Solidaridad.

Considerando este marco de referencia, el escenario sin Proyecto correspondería a un sitio de vegetación de selva mediana subperennifolia / vegetación secundaria arbórea en proceso de sucesión ecológica, en donde se conservarían las 7.98 ha consideradas para el cambio de uso de suelo, pero que, al estar inmerso en una zona urbana, con tendencia al desarrollo constante, se encontraría aislado de otras áreas de vegetación, por lo que si bien se mantendrían los servicios ambientales que la vegetación aporta, como son la captura de carbono, captura de agua e infiltración de ésta al subsuelo, difícilmente podría cumplir funciones tales como proporcionar un hábitat, para sitio de crianza, reproducción o alimentación para un gran número de fauna silvestre, por lo que la fauna silvestre de importancia sería escaza o estaría ausente.

Aunado a lo anterior, se perderían los beneficios socioeconómicos, derivados de su desarrollo, tales como generación de empleos y derrama económica.

8.4.2. Descripción y Análisis del Escenario con Proyecto

De acuerdo con el PPDU-J vigente y el *Acuerdo mediante el cual se aprueba autoriza la conformación del Polígono de Actuación Residencial*…, publicado el 21 de febrero de 2021 en el Periódico Oficial del estado de Quintana Roo, el Proyecto cuenta con un uso de suelo Mixto Comercial (MC-1), determinado para el desarrollo de vivienda y comercio. La densidad considerada para el Proyecto es de 1002 viviendas, con un coeficiente de ocupación del suelo (COS) que no debe ser mayor del 50% para la edificación de viviendas; un coeficiente de utilización del suelo (CUS) que no debe ser superior a 1.8; un coeficiente de modificación de uso del suelo (CMS) que no deberá de ser mayor al 75% del terreno; y una altura máxima de 10 niveles o 40 m.

Si el Proyecto llegara a desarrollarse sin las medidas de mitigación necesarias no se consideraría para su diseño los estudios técnicos que dieran soporte a su implementación, por lo que se esperaría la afectación de manera local y posiblemente en algunos casos regional, del agua, aire, suelo, flora, fauna, paisaje e hidrología. A continuación, se presentan las afectaciones si el Proyecto llegara a desarrollarse sin las medidas de mitigación:

- La construcción de las obras, de no considerarse los estudios de caracterización ambiental, incrementaría la posibilidad de dañar ecosistemas considerados como sensibles o vitales para el desarrollo de los procesos ecológicos.

- En el caso de que las actividades no se realicen conforme al programa de trabajo, se aumentará el plazo o duración de los efectos negativos, prolongándose e inclusive aumentando la magnitud de los impactos.

- El desarrollo del Proyecto afectaría a la comunidad florística y faunística, ya que no se implementarían acciones de rescate de manera previa al inicio de las obras, y se correría el riesgo de dañar individuos de especies protegidas y en riesgo, lo que podría ocasionar la disminución de su abundancia.

- La construcción de las obras y la realización de las actividades se realizarían sin tomar las medidas de precaución necesarias para evitar la dispersión de polvos en el medio, lo que podría afectar a la vegetación circundante, deteriorando el hábitat utilizado por diversas especies.

- Durante todas las etapas del Proyecto se generarían residuos que sin un manejo adecuado pueden contaminar el aire, agua y suelo, que a su vez podrían ocasionar afectación al acuífero subterráneo por la generación de lixiviados, provocando incluso la muerte de individuos de especies, así mismo podrían favorecer el desarrollo de fauna nociva que representa un riesgo para la salud pública.

- El no considerar un reglamento interno para el personal contratado, que indique las prácticas ambientales permitidas y no permitidas durante la realización de las actividades, podría generar contaminación en el aire, suelo y agua, causando afectación a la fauna terrestre.

- El uso de maquinaría en malas condiciones o el mantenerlos trabajando de manera innecesaria, incrementaría los niveles de contaminación a la atmósfera y de ruido excesivo, ocasionando la afectación directa a la fauna y salud humana.

- De no realizarse las obras de mantenimiento en lugares adecuados se incrementaría el riesgo de contaminación ante un derrame de hidrocarburos en suelo y agua.

- En caso de derrame accidental de sustancias peligrosas, al no contar con material adecuado, personal capacitado y un protocolo de acción, serían dispersados, generando posible contaminación y muerte de organismos.

- El no realizar trabajos de limpieza general posterior a la finalización de las actividades podría generar un riesgo humano, además podría causar afectación de ecosistemas y especies.

- El evitar la colocación de señalización que sirvan de referencia para identificar las áreas de conservación, así como las actividades prohibidas pudiera causar afectación directa e indirecta sobre la vegetación y la fauna de estas áreas.

- De no tener un control sobre las especies utilizadas para los jardines del Proyecto se podrían introducir especies exóticas que son más susceptibles a enfermedades y plagas de la zona, disminuyendo sus posibilidades de supervivencia y aumentando la necesidad de aplicar agroquímicos como plaguicidas y fertilizantes o, por otro lado, que sean portadoras de enfermedades que puedan resultar mortales para las especies nativas. Además, podrían introducirse especies exóticas invasoras u oportunistas que desplacen a las especies nativas de la zona, disminuyendo su riqueza y biodiversidad.

Con base en lo anterior, en caso de no efectuarse las medidas de prevención y mitigación, no se espera un escenario deseable, incluso para los propios fines de la Promovente, ya que representaría perdidas de recursos, tanto para el ambiente como para la Promovente, daría una mala imagen al desarrollo habitacional bajando la demanda de adquisición de los bienes raíces, así como un incremento en la contaminación del área de estudio. Sin embargo, este escenario se debe de tomar en consideración para evitar la generación de situaciones anómalas por la ejecución del Proyecto.

8.4.3. Descripción y Análisis del Escenario Considerando las Medidas de Mitigación

Si se implementa el Proyecto con las medidas de mitigación necesarias, los impactos ambientales significativos serían controlados y minimizados. Bajo esta lógica, si se respetan los parámetros de desarrollo urbano establecidos en los instrumentos de política pública aplicables y se respeta e implementa el Sistema de Manejo y Gestión Ambiental del Proyecto (SMGA), mismo que considera un Programa de Supervisión y Vigilancia Ambiental para la verificación del cumplimiento de todas las medidas propuestas (ver Capítulo 7), se podrá prevenir, mitigar o compensar, según sea el caso, los impactos negativos identificados en el Capítulo 5. Lo anterior, contribuirá a la conservación de los componentes y el mantenimiento de sus funciones SA.

A continuación, se ejemplifican algunas de las medidas contempladas durante el desarrollo del Proyecto y se identifican los beneficios potenciales de su aplicación:

- Si bien, el desarrollo del Proyecto implica la remoción de la vegetación natural en 7.98 ha de selva mediana subperennifolia con vegetación secundaria arbórea, también contempla conservar la vegetación natural original en 2.66 ha. Adicionalmente se implementarán 1.73 ha de áreas verdes ajardinadas en donde se incluirá suelo vegetal (sustrato natural de la

zona) y cobertura vegetal nativa del ecosistema, recuperados ambos de las actividades de rescate.

- El mantenimiento y conservación de las áreas verdes y de conservación existentes en el área del Proyecto, permitirán compensar, los impactos generados por el Proyecto, dado que se tiene pensado el mejoramiento considerable de éstas mediante labores de reforestación y propagación de semillas.

- El Proyecto está propuesto para ser realizado por etapas y fases, por lo tanto, los impactos que vayan siendo generados irán también siendo mitigados gradualmente, de manera que la magnitud de estos y su carácter acumulativo se vería reducido; situación que contribuye a incrementar la resiliencia del ecosistema.

- Al realizar el desmonte gradual de la vegetación, se evitará la erosión del suelo y sus efectos perjudiciales. Además, esta acción permitirá realizar una recuperación de la cobertura de suelo, que podrá ser aprovechada dentro de las áreas verdes del Proyecto, cumpliendo con los lineamientos de diseño de este.

- La delimitación de superficies de conservación, acorde con la normatividad oficial aplicable (parámetros de ordenamiento territorial y urbano), y desde etapas tempranas del Proyecto, propiciará que se mantengan en condiciones naturales.

- El rescate y reubicación de ejemplares de flora y fauna, garantizará la no afectación de especies identificadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010 y mitigará el impacto potencial sobre estos y otros organismos, permitiéndose su reintroducción al medio natural.

- La implementación de sanitarios móviles durante la etapa de preparación y construcción del Proyecto, evitará riesgos potenciales a la salud humana, así como la contaminación de diversos factores ambientales del SA.

- Mantener un control de los residuos generados mediante la implementación de un Programa de Manejo Integral durante todas las etapas del Proyecto, resultará benéfico, ya que impedirá la contaminación ambiental y la generación de basurales ilegales.

- Al contar con un programa de contingencia que contemple posibles escenarios de riesgo ambiental, así como criterios de actuación, se contribuirá a la atención oportuna, evitando posibles impactos negativos al ambiente.

- Finalmente, existe un impulso importante en el fomento y desarrollo de una cultura y concientización ambiental por parte de la Promovente, que directamente tendría un impacto sobre los trabajadores y usuarios del Proyecto, contribuyendo al conocimiento, respeto y por ende a la conservación de los recursos naturales.

8.5. Pronóstico Ambiental

En la actualidad en el SA y área circundante, se reconoce la ocupación urbana-turística principalmente asociada al crecimiento exponencial que ha registrado la ciudad de Playa del Carmen. Estas áreas urbanizadas corresponden a fraccionamientos habitacionales y desarrollos hoteleros diversos, así como al establecimiento de centros comerciales, vialidades, etc. De igual manera se aprecia que la vegetación del SAR y área circundante se encuentra en un alto grado de fragmentación, lo cual ha sido originado por los cambios de uso de suelo para diversos fines.

El Proyecto está relacionado con una zona destinada por los instrumentos de política ambiental como de aprovechamiento urbano. Y se espera que, a su alrededor, al contar con el mismo potencial de aprovechamiento, por el uso de suelo establecido, las áreas con cobertura natural sean transformadas, lo que establecerá un nuevo escenario ambiental donde el fraccionamiento del ecosistema será inevitable.

Derivado del análisis anterior se determinó que el Proyecto, si bien afectará las condiciones ambientales locales y del SAR, esta afectación no se considera significativa, ya que el Proyecto se encuentra inmerso en las proyecciones de desarrollo para la zona urbana de Playa del Carmen, y en donde se observa que la flora y fauna ya han sido afectadas y no se encuentran en condiciones naturales debido al crecimiento de la ciudad. Adicionalmente, el sitio donde se pretende desarrollar el Proyecto contará con los servicios de drenaje, abastecimiento de agua potable, suministro eléctrico, vías de comunicación, etc., necesarios para su desarrollo garantizados por el municipio.

Aunado a lo anterior, el desarrollo del Proyecto considera la aplicación de medidas de prevención, mitigación y compensación, propuestas en todas sus etapas, para el control de los impactos que prevé generar. De acuerdo a lo anterior se puede afirmar que, en el marco del SAR, el Proyecto por su ubicación, magnitud y alcance de los posibles efectos de la construcción y operación, no representa ningún riesgo significativo en materia ambiental.

Como conclusión es de señalar que a lo largo de las afectaciones que se prevé realizar en el predio con el desarrollo del Proyecto, si bien algunos elementos se verán afectados y algunos servicios ambientales se verán disminuidos (más no eliminados), se anticipa que la implementación del Proyecto no pondrá en riesgo la integridad funcional del SAR y área circundante, considerando además que la aplicación de las medidas previstas por el Proyecto reducirán en gran parte las afectaciones que pudieran suscitarse.

Además de lo anterior, el SAR y área circundante ya registra afectaciones y un paisaje deteriorado derivado de otros elementos urbanos de similares características, por lo que no representa un cambio drástico en la calidad visual del medio. Por otra parte, es importante destacar que el Proyecto tendrá un impacto significativo en el factor socioeconómico, al contribuir en la generación de empleos y la derrama económica del lugar.

8.6. Programa de Supervisión y Vigilancia Ambiental

El proyecto Rotonda forma parte del macroproyecto autorizado en materia de impacto ambiental Ciudad Mayakoba (antes “El Ximbal”), el cual, desde su concepción, al igual que el proyecto que nos ocupa, pasó por un delicado proceso de planificación ambiental, sin embargo, tal y como se desarrolló en el Capítulo 5 del macroproyecto y ahora para el proyecto Rotonda, es inevitable la generación de impactos ambientales derivado de sus desarrollos. Con la finalidad de mitigarlos, desde la concepción del macroproyecto, se estableció un Sistema de Manejo y Gestión Ambiental (SMGA) (Tabla 8. 1), conformado por 7 Programas y 9 Subprogramas para la atención de los impactos ambientales identificados y evaluados, y mediante la implementación ordenada y conjunta de diversas medidas.

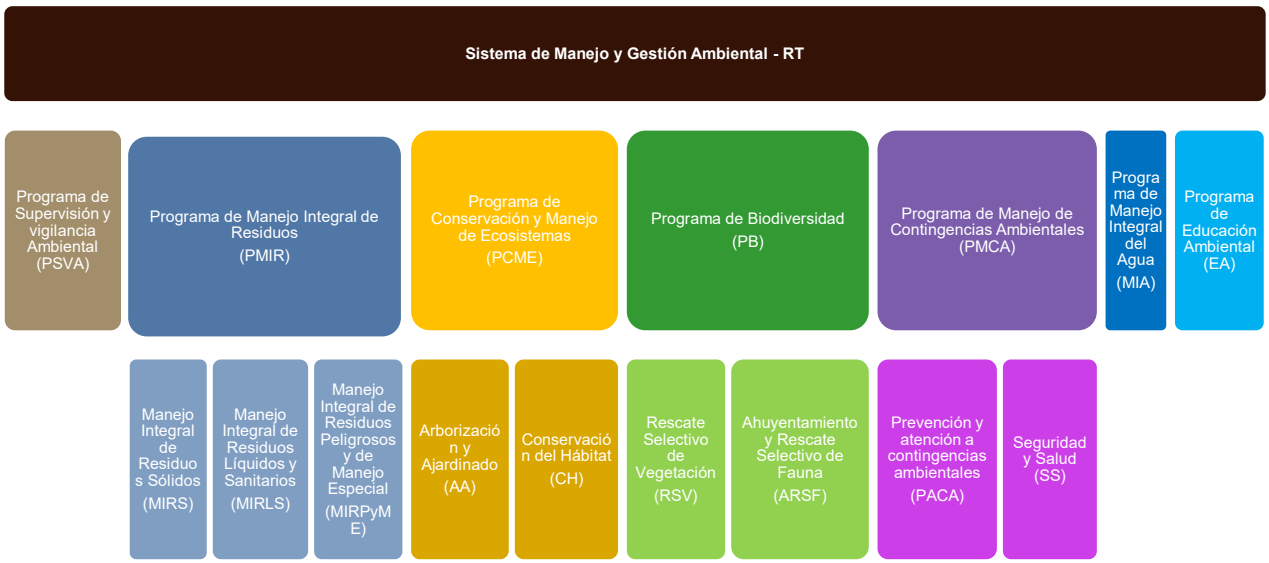
Tabla 8. 1. SMGA del macroproyecto autorizado Ciudad Mayakoba (antes “El Ximbal”).

Programa	Clave	Subprograma	Clave
Supervisión Ambiental	**PSA**	Planificación y Gestión Ambiental	PSA-PGA
		Supervisión Ambiental	PSA-SA
Manejo Integral de Vegetación	**PMIV**	Áreas de Conservación	PMIV-AC
		Áreas Verdes	PMIV-AV
		Vivero y Rescate	PMIV-VR
		Reforestación	PMIV-R
Manejo Integral de Fauna	**PMIF**	Manejo y Rescate de Fauna	PMIF-MR
		Control de Fauna Nociva	PMIF-FN
Manejo Integral de Residuos	**PMIR**	Residuos Líquidos y Sanitarios	PMIR-L
		Residuos Sólidos	PMIR-S
		Residuos Peligrosos	PMIR-P
Difusión Ambiental	**PDA**	Educación y Capacitación Ambiental	PDA-C
		Imagen Ambiental y Señalamientos	PDA-IS
Monitoreo Ambiental	**PMA**	Monitoreo Calidad de Agua Subterránea	PMA-CAS
		Monitoreo de Vegetación	PMA-V

Para el proyecto Rotonda, se diseñó un SMGA que implementará gran parte de las medidas presentadas en el SMGA del macroproyecto Ciudad Mayakoba, de acuerdo al alcance del Proyecto, considerando para ello el tipo de obras y actividades que pretende realizar.

El SMGA del proyecto Rotonda retoma programas y subprogramas del SMGA del macroproyecto Ciudad Mayakoba, mismos que atienden a los impactos ambientales identificados y evaluados de manera particular para el Proyecto (Figura 8.2).

Figura 8.2. Diseño del SMGA del proyecto Rotonda



Uno de los componentes fundamentales del SMGA es el Programa de Supervisión y Vigilancia Ambiental (PSVA) (ver Capítulo 7), que para efectos del presente DTU-BP es totalmente equivalente al Programa de Vigilancia Ambiental requerido por la H. Autoridad Ambiental. Tal y como se desarrolla en el Capítulo 7, el PSVA, tiene como misión central, orientar, integrar y coordinar el cumplimiento estricto de todas y cada una de las obligaciones ambientales del Proyecto en todas las etapas de su implementación en caso de ser autorizado, como son:

a. Las medidas de mitigación que se comprometen en el presente DTU-BP (ver Capítulo 7).

b. La legislación y normatividad ambiental federal y estatal aplicable al Proyecto (ver Capítulo 3).

c. Los términos y condicionantes que deriven de la posible autorización ambiental del Proyecto.

Adicionalmente el PSVA contemplará un programa de mejora continua, el cual se encargará del mejoramiento continuo de la calidad ambiental de acuerdo a los avances del Proyecto mediante la búsqueda de buenas prácticas, ecotecnologías, ajustes del Proyecto y procedimientos, entre otros. Además, permite que las medidas del SMGA se adapten a las condiciones cambiantes tanto del Proyecto como del medio en el que se inserta, ya sea en términos naturales, jurídicos o socioeconómicos. Por lo anterior, cada una de las medidas propuestas atraviesa por cuatro fases: primero la gestión, en donde se define; después la implementación, cuando se pone en práctica; posteriormente la supervisión, cuando se verifica su cumplimiento y por último la evaluación, donde se determina si es necesario modificarla para hacerla más efectiva.

Para dar cumplimiento a las obligaciones ambientales de dicho programa y la ejecución del SMGA, el Promovente contará con la participación de un grupo técnico de supervisión, manejo y vigilancia ambiental y de un grupo de apoyo para los trabajos de campo cuyo número será definido según las necesidades y avance de implementación de las diferentes etapas de desarrollo del Proyecto.

8.6.1. Programa de Monitoreo Ambiental

Como parte del SMGA del macroproyecto autorizado Ciudad Mayakoba, y bajo la responsabilidad de un grupo de supervisión ambiental, de manera periódica se ha realizado y sigue implementándose el Programa de Monitoreo Ambiental (PMA), que considera la evaluación de los recursos y ecosistemas críticos, a través de indicadores de calidad ambiental, que permiten analizar la efectividad de las medidas de mitigación planteadas por el macroproyecto e identificar de manera oportuna impactos ambientales no previstos, para de esta manera evaluar y definir la mejor corrección al impacto identificado. Los objetivos globales del PMA, así como de las medidas pueden ser verificados a detalle en el apartado Capítulo 6 de la manifestación de impacto ambiental regional presentada para evaluación del macroproyecto Ciudad Mayakoba.

8.7. Conclusiones

Considerando todo lo desarrollado y plasmado en el presente DTU-BP y el proceso de diseño y planificación ambiental elaborado para el Proyecto, así como también el compromiso de la empresa promovente para implementar el SMGA planteado, de ser aprobado el proyecto por la H. Autoridad Ambiental (SEMARNAT), es posible concluir que el Proyecto es viable desde los puntos de vista ecológico, técnico, legal-normativo, social y económico toda vez que:

- Desde la planificación del Proyecto se identificaron impactos ambientales que fueron reducidos en esta etapa. El desarrollo de las diferentes etapas del proyecto (preparación, construcción, operación y mantenimiento) implica la generación de impactos ambientales negativos poco significativos en el área de influencia directa e indirecta del Proyecto y pocos efectos acumulativos y sinérgicos con las actividades y proyectos vecinos (impactos evaluados en el Capítulo 5), por lo que, desde el punto de vista ambiental es viable.

- El Proyecto considera importantes beneficios sociales y económicos a nivel local y regional durante su construcción y operación y mantenimiento, en términos de generación de empleos directos e indirectos y derrama de beneficios económicos para el municipio de Solidaridad y el estado de Quintana Roo, en el corto y mediano plazo. De esta manera se establece el firme compromiso del Proyecto para con el desarrollo social y económico de la zona.

- Con el desarrollo y ejecución del Proyecto, se espera una infraestructura urbana totalmente integrada a la estructura y función de los ecosistemas que se verán directamente afectados como es el caso de la selva mediana subperennifolia con vegetación secundaria arbórea.

- El Proyecto espera que con las medidas de mitigación establecidas se contribuya a reducir a nivel regional, la afectación derivada de los impactos residuales, acumulativos y sinérgicos que serán generados por: a) Los proyectos y actividades actualmente construidas y operando, b) la construcción y operación del Proyecto y c) la construcción y operación del resto de proyectos que de acuerdo al POEL Solidaridad y el PPDU-J podrán ser construidos y operar en las áreas designadas como aprovechables. Las estrategias de manejo ambiental planteadas por el Proyecto son: a) cumplir con el aprovechamiento máximo permisible permitido por el PPDU-J, b) fragmentar lo menos posible el tipo de vegetación presente en el Proyecto y asegurar el mantenimiento de su integridad e interconexión con la comunidad vegetal circundante, así como su continuidad y contigüidad

ecológica y, c) generar áreas de conservación que funcionalmente sirvan como corredores biológicos para la fauna asociada.

- El diseño y los procesos constructivos y operativos planteados para el Proyecto, dan estricto cumplimiento a la normatividad y legislación aplicable.

- El Proyecto, no incide ambientalmente sobre alguna área natural protegida y no compromete la estructura y el funcionamiento de los ecosistemas registrado en él o de los registrado en el SA.

- El Proyecto compromete la implementación de un SMGA, como el instrumento de manejo y gestión de la empresa promovente, para garantizar el cumplimiento estricto de los programas y subprogramas ambientales de manejo que se plantean en el Capítulo 7 y la normatividad aplicable (Capítulo 3). De igual forma se espera un escenario en el SA en el que el Proyecto, represente una inversión con responsabilidad social y ambiental que genere beneficios reales para la población del municipio y el estado.

- Es factible aseverar que el Proyecto se ajusta a lo establecido en el artículo 35 de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente respecto a que el presente DTU-BP y en particular la identificación y evaluación de impactos presentada, evidenció que los posibles efectos de las actividades del Proyecto no pondrán en riesgo la estructura y función de los ecosistemas descritos en el SA.

El enfoque del Proyecto reside en mantener la integridad de los ecosistemas registrados en el SA, es decir la composición de hábitats que existen, la diversidad de especies y consecuentemente su capacidad de funcionar como un sistema integrado, reduciendo y evitando impactos que eliminen hábitats y/o especies o que desarticulen su estructura, preservando las condiciones que permitan la movilidad y la viabilidad de las especies.

ROTONDA

CAPÍTULO 9. IDENTIFICACIÓN DE LOS INSTRUMENTOS METODOLÓGICOS Y ELEMENTOS TÉCNICOS QUE SUSTENTAN LA INFORMACIÓN SEÑALADA EN LAS FRACCIONES ANTERIORES

DOCUMENTO TÉCNICO UNIFICADO B MODALIDAD PARTICULAR

Contenido

CAPÍTULO 9. IDENTIFICACIÓN DE LOS INSTRUMENTOS METODOLÓGICOS Y ELEMENTOS TÉCNICOS QUE SUSTENTAN LA INFORMACIÓN SEÑALADA EN LAS FRACCIONES ANTERIORES 2
9.1. Introducción 2
9.2. Cartografía 2
9.2.1. Planos Georreferenciados 2
9.2.2. Planos Arquitectónicos 2
9.2.3. Imágenes Satelitales 2
9.3. Estimación del Volumen por Especie de Materias Primas Forestales 3
9.4. Estimación de las Emisiones de CO_2 9
9.5. Caracterización Ambiental de la Vegetación 10
9.6. Caracterización Ambiental de la Fauna Terrestre 14
9.6.1. Análisis de los Datos 16
9.7. Paisaje 18
9.8. Evaluación de los Impactos Ambientales 22
9.8.1. Evaluación de Impactos 23
9.8.2. Jerarquización de Impactos 25
9.8.3. Determinación de la Significancia 26
9.9. Estimación de la Erosión Potencial del Suelo 27
9.10. Estimación de la Infiltración del Agua 27
9.11. Anexos Documentales 27
9.12. Anexos Cartográficos 28
9.13. Bibliografía 30

CAPÍTULO 9. IDENTIFICACIÓN DE LOS INSTRUMENTOS METODOLÓGICOS Y ELEMENTOS TÉCNICOS QUE SUSTENTAN LA INFORMACIÓN SEÑALADA EN LAS FRACCIONES ANTERIORES

9.1. Introducción

En cumplimiento con lo establecido en la fracción VIII Artículo 12 del Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente, en Materia de Evaluación de Impacto Ambiental, que señala que se deben identificar los instrumentos metodológicos y elementos técnicos que sustentan la información presentada en el Documento Técnico Unificado modalidad B Particular (DTU-BP), en este capítulo se presenta una descripción sintética de las estrategias metodológicas y técnicas especializadas empleadas, las cuales sustentan los resultados, interpretación, evaluación y conclusiones del desarrollo del Proyecto.

9.2. Cartografía

9.2.1. Planos Georreferenciados

Para la elaboración de los diversos planos presentados en los capítulos que integran este DTU-BP, se utilizó el programa ARCGIS; cuyas coordenadas se encuentran proyectadas en unidades UTM (Universal Transversal de Mercator), que a su vez se encuentran referidas al Datum WGS 84, dentro de la Zona 16Q, norte, que corresponde a la República Mexicana.

La información utilizada en la elaboración de la cartografía procedió de diferentes fuentes bibliográficas, entre las que se encuentran el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas, etc. Los planos que acompañan a cada capítulo pueden consultarse de forma simplificada en el anexo cartográfico que acompaña a este manifiesto.

9.2.2. Planos Arquitectónicos

Los planos arquitectónicos que ilustran la composición estructural del Proyecto, presentados en el Capítulo 2 de este DTU-BP, fueron realizados con el programa AutoCAD.

9.2.3. Imágenes Satelitales

Las imágenes satelitales presentadas en los diversos capítulos de este DTU-BP fueron obtenidas de la plataforma Google Earth, con coordenadas proyectadas en unidades UTM (Universal Transversal de Mercator), que a su vez se encuentran referidas al Datum WGS 84, dentro de la Zona 16Q, norte, que corresponde a la República Mexicana.

9.3. Estimación del Volumen por Especie de Materias Primas Forestales

Para el cálculo de los volúmenes por especies de materias primas forestales empleó el programa selva, que fue diseñado por el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) Regional Sureste para procesamiento de datos de Inventarios Forestales de la península de Yucatán con una confiabilidad del 95%.

El programa selva versión 2001 además de los archivos para manejar el programa, contiene fórmulas de regresión que requiere cada especie para obtener sus parámetros dasométricos, cuenta también con los archivos abiertos que contiene las claves para las especies tipo de suelo y forma de los árboles, en estos archivos se define también el número de fórmulas que corresponde a cada especie lo que puede ser modificado de acuerdo a la necesidad del usuario.

Las fórmulas de regresión empleadas para los cálculos son las definidas por el inventario nacional para las especies y grupos de especies propias de los estados de Campeche, Yucatán y Quintana Roo.

Por otra parte, a fin de dar cumplimiento se presenta las fórmulas solicitadas.

Área basal

De acuerdo a la Fracción IV del Artículo 2 del Reglamento de la Ley general de Desarrollo Forestal Sustentable, el área basal, es la suma de las secciones transversales de los árboles en una superficie determinada, medida a partir del diámetro del tronco a una altura de 1.30 metros sobre el suelo, expresada en metros cuadrados por hectárea.

De acuerdo al Manual Técnico Forestal, Información Básica, Métodos y Procedimientos (Acuerdo México-Alemania, 1999, página 42), el área basal (AB) es la superficie que ocupa un árbol en una altura de 1.30 metros. La suma de las áreas basales de todos los individuos en una hectárea (área basal por hectárea) es un índice de densidad del bosque.

r = radio; d_{ap} = diámetro a altura de pecho (1.30 m);

$$A.B. = r^2 \times \pi = \frac{d_{ap}^2}{4} \times 3.1416 = d_{ap}^2 \times 0.7854$$

Volumen total árbol indicando el coeficiente mórfico y factor empleado

De acuerdo al numeral 3.18 de la NOM-152.SEMARNAT-2006, el volumen total árbol (VTA) se refiere al volumen de madera y corteza del árbol, incluyendo fuste, puntas y ramas.

Por otra parte, para calcular las existencias volumétricas obtenidas en el muestreo de campo, se utilizó el programa de cómputo selva 2001[1], diseñado para selvas tropicales de la península de Yucatán, por personal técnico del INIFAP y que procesa los parámetros silvícolas de diámetro normal y alturas totales y de fuste limpio, procesándolos mediante fórmulas de regresión para las principales especies.

[1] Patiño, V. F., Torres, L. J.L., Piña, Ch, F., Gómez, D. A. y Escalante, R. P. J., 2001. Selva 2001, Programa de cómputo, para procesar la información de inventarios forestales de especies tropicales.

Cada uno de los grupos de ecuaciones cubre a determinadas especies, las que se consideraron en función de sus características tecnológicas y de crecimiento; estas ecuaciones y agrupamientos de especies fueron realizadas por los profesionales forestales que realizaron los inventarios forestales en los estados del sur del país.

Tabla 9. 1. Ecuaciones de regresión para los grupos tecnológicos. Fuente: Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos (SARH), Campeche, 1985[2]; Tabasco, 1985[3]; Yucatán, 1985[4].

GRUPO	MODELO MATEMÁTICO $VT = (C_0+C_1 \text{ Log } (D)+ C_2 \text{ Log } (HT)$
I	C_0 = -9.64583328; C_1 = 1.79389367; C_2 = 1.03915044
II	C_0 = -10.6001321; C_1 = 1.98160359; C_2 = 1.03695598
III	C_0 = -9.53415154; C_1 = 1.85980581; C_2 = 0.96989346
IV	C_0 = -9.84923104; C_1 = 1.91175328; C_2 = 1.04455238
V	C_0 = -9.988284891 C_1 = 1.92178549; C_2 = 1.04714889
VI	C_0 = -10.09141259 C_1 = 1.93246219; C_2 = 1.06194865
VII	C_0 = -9.98357915 C_1 = 1.95005045; C_2 = 1.05153755
VIII	C_0 = -8.81312542 C_1 = 1.56449274; C_2 = 1.08361129
IX	C_0 = -9.60981068 C_1 = 1.82854720; C_2 = 1.01082458
X	C_0 = -9.56438150 C_1 = 1.82330413; C_2 = 1.01741981
XI	C_0 = -9.52774573 C_1 = 1.76329569; C_2 = 1.0816879
XII	C_0 = -9.83322527; C_1 = 1.92412457; C_2 = 1.00970142
XIII	C_0 = -9.41737421; C_1 = 1.76385327; C_2 = 1.04067809
Ceiba	C_0 = -10.22563374; C_1 = 1.92362277; C_2 = 1.14061993
Balché	C_0 = -9.82447804; C_1 = 1.93162616; C_2 = 1.01919725
Bojón	C_0 = -9.20446857; C_1 = 1.70136976; C_2 = 1.07521396
Calophylum	C_0 = -9080750322; C_1 = 1.87831474; C_2 = 1.07425292
Dialium	C_0 = -9.98279857; C_1 = 1.97250941; C_2 = 1.03206162

Donde: Vol = Exp ((C_0 + C_1 Log (D) + C_2 Log (HT)); Vol = volumen; VT = volumen total; C_0, C_1, y C_2 son los coeficientes de regresión; D = diámetro normal; HT = altura total y Log = Logaritmo natural.

Mediante el programa de cómputo, se obtuvo el cálculo de las existencias reales por especie a nivel de árbol individual y se calcularon en función a la superficie muestreada los valores por hectárea. El programa calcula también la varianza y el error estándar de las observaciones levantadas con una confiabilidad del 95%.

En México, el Inventario Nacional Forestal obtuvo las ecuaciones de regresión para algunas especies, con las que es posible obtener el volumen total árbol para individuos de algunas especies, estas ecuaciones de regresión se utilizaron para estimar los volúmenes de las especies que se muestran en la Tabla 9. 2, mediante el programa selva, utilizado en Campeche y Quintana Roo (Patiño et al, 2001).

Tabla 9. 2. Ecuaciones de regresión para algunas de las especies de los grupos tecnológicos.

Especie	Ecuación
Cedro (*Cedrela odorata*)	VT = EXP (-9.64583328 + 1.79389367 log (D) + 1.03915044 log (HT)) (R2 = 0.98403294)
Caoba (*Swietenia macrophylla*)	VT = EXP (-10.06001321 + 1.98160359 log (D) + 1.03695598 log (HT)) R2 =
Ramón (*Brosimum alicastrum*)	VT = EXP (-9.53415154 + 1.85980581 Log (D) + 0.96989346 Log (HT)) R2 =
Chicozapote	VT = EXP (-9.84923104 + 1.91175328 Log (D) + 1.04555238 Log (HT))

[2] SARH, 1985. Inventario Forestal del Estado de Campeche, SARH. Publicación Especial No.56, México, D.F. 91 pp.
[3] SARH, 1985. Inventario Forestal del Estado de Tabasco, SARH. Publicación Especial No.54, México, D.F. 86 pp.
[4] SARH, 1985. Inventario Forestal del Estado de Yucatán, SARH. Publicación Especial No.55, México, D.F. 95 pp.

Especie	Ecuación
(*Manilkara zapota*)	R2 =
Chaca (*Bursera simaruba*)	VT = EXP (-9.88284891 + 1.92178549 Log (D) + 1.04714889 Log (HT)) R2 =
Jobo (*Spondioas mombin*)	VT = EXP (-10.09141259 + 1.93246219 Log (D) + 1.06194865 Log (HT)) R2 =
Tamay, Trementino (*Zuelania guidonia*)	VT = EXP (-9.98357915 + 1.9500045 Log (D) + 1.05153755 Log (HT)) R2 =
Chechem negro (*Metopium brownie*)	VT = EXP (-8.81312542 + 1.56449274 Log (D) + 1.08361129 Log (HT)) R2 =
Kinsah, Uinic (*Hipomane mancinella*)	VT = EXP (-9.60981068 + 1.82854720 Log (D) + 1.01082458 Log (HT)) R2 =
Tzalam (*Lysiloma latisiliquum*)	VT = EXP (-9.56438150 + 1.82330416 Log (D) + 1.01741981 Log (HT)) R2 =
Amapola (*Pseudobombax ellipticum*)	VT = EXP (--9.52774573 + 1.76329569 Log (D) + 1.08168791 Log (HT)) R2 =
Kanchunup (*Thouinia paucidentata*)	VT = EXP (-9.83322527 + 1.92412457 Log (D) + 1.00970142 Log (HT)) R2 =
Papelillo (*Alseis yucatanensis*)	VT = EXP (-9.41737421 + 1.76385327 Log (D) + 1.04057089 Log (HT)) R2 =
Ceiba (*Ceiba pentandra*)	VT = EXP (-10.22563374 + 1.92362277 Log (D) + 1.14061993 Log (HT)) R2 =
Balche (*Lonchocarpus castilloi*)	VT = EXP (-9.82447804 + 1.931626 Log (D) + 1.01313725 Log (HT)) R2 =
Bojón (*Cordia alliodora*)	VT = EXP (-9.20446857 + 1070136976 Log (D) + 1.07521396 Log (HT)) R2 =

Metodología para el cálculo de volúmenes maderables

La metodología utilizada para la estimación de volúmenes que resultarán del cambio de uso de suelo por el derribo de la vegetación en una superficie total de 7.98 ha para la ejecución del Proyecto, se realizó mediante el muestreo sistemático, siguiendo las brechas establecidas, con el levantamiento de información en 12 sitios circulares concéntricos de 500 m^2 cada uno, sobre la vegetación existente.

Para el muestreo se tomó como base la metodología aplicada por Reuter, M., C. Schulz y C. Marrufo en el Manual Técnico Forestal, Información Básica, Métodos y Procedimientos (Acuerdo México – Alemania, 1999), basado en sitios circulares (parcelas de 500 m^2). Esta integración de sitios se realizó en forma sistemática y consecutiva, con la finalidad de tener información de los diferentes tipos de vegetación existentes, su situación actual, así como su georreferenciación. Esta información se proporciona en las fichas de datos de campo procesadas que se presentan como el Anexo 4.3 de este documento.

Durante el levantamiento de datos en los sitios seleccionados se obtuvo información fisonómica, estructural, botánica, diámetros a la altura del pecho (DAP), que posteriormente fueron utilizados para el cálculo del volumen a derribarse.

Para la obtención de los resultados se realizaron las siguientes actividades:

Visita al área de estudio

Esta se realizó usando los accesos al Proyecto, utilizando los planos topográficos correspondientes al trazo y medidas, así como documentación legal e información necesaria para la realización de las actividades de campo y gabinete.

Ubicación de accesos y rodalización del área

Con el apoyo de la cartografía topográfica escala 1:50,00 y el plano topográfico correspondiente se ubicaron y marcaron los accesos al Proyecto. La rodalización y caracterización en general se realizó de forma directa con el apoyo de la cartografía, disponible, (imagen satelital de Google Earth) además de los recorridos de verificación y toma de datos de campo.

Intensidad de muestreo

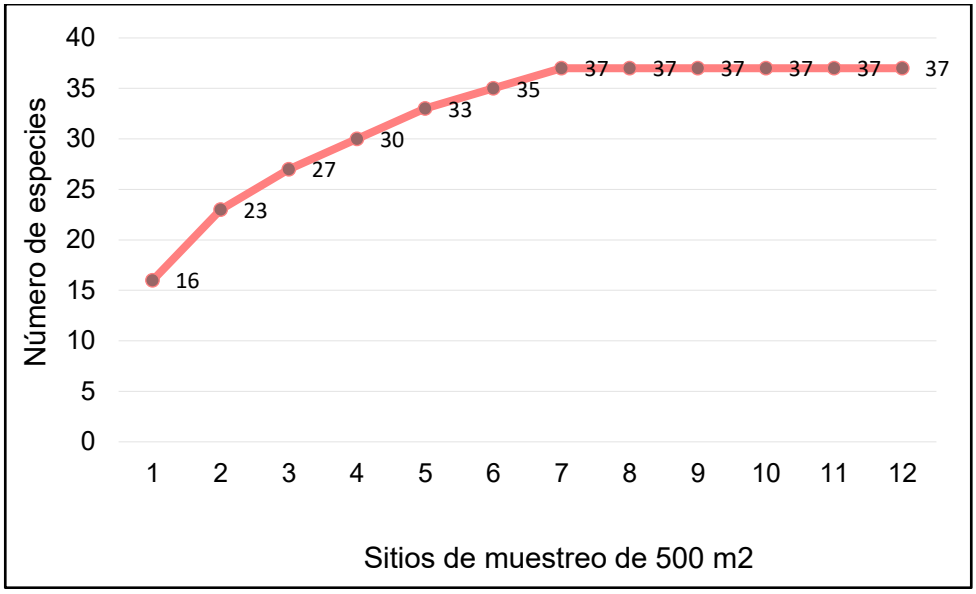
Como se ha mencionado el predio cuenta con una superficie total de 10.64 ha, de las cuales se afectará 7.98 ha de selva mediana subperennifolia / vegetación secundaria arbórea, por lo que, considerando la ubicación del Proyecto, acceso al mismo y la superficie a afectar, la intensidad de muestreo se estimó en lo siguiente:

- Se levantaron datos en una superficie de 6,000 m^2 (0.6 ha) que representa una intensidad de muestreo del 7.51% con relación a la superficie total que se afectará (7.98 ha) del Proyecto y del 5.63% con respecto a la superficie total del cambio de uso de suelo (10.64 has).

Significancia del muestreo

Ante la carencia de estudios específicos realizados en la zona que señalen el tamaño del área de muestreo que habrá de permitir el mejor entendimiento de la estructura de la selva mediana subperennifolia con vegetación secundaria arbórea, se realizó el análisis del área mínima necesaria. De esta manera, en la siguiente Figura 9.1, se muestra la relación obtenida, en donde se representa la superficie muestreada en total de 12 sitios circulares de 500 m^2 cada uno, con relación al número de especies arbóreas encontradas, observándose el patrón típico en donde se alcanza un máximo de acumulación de especies y al alcanzar la asíntota la curva se mantiene más o menos constante, lo cual indica que se ha encontrado el mayor número de especies que ahí se distribuyen (Anexo 4.2).

Figura 9.1. Curva de especia área para la vegetación secundaria derivada de la selva mediana subperennifolia. Fuente: Elaboración propia.



De acuerdo con lo anterior, es evidente que para el estrato arbóreo de la selva mediana subperennifolia con vegetación secundaria arbórea que se distribuye en el Proyecto, se requiere una superficie mínima de muestreo del orden de los 3,500 m^2 (7 sitios). De acuerdo con los datos anteriores, se considera que los resultados obtenidos a través del presente estudio son válidos y representativos, ya que se ha alcanzado una superficie de muestreo de 6,000 m^2 (12 sitios).

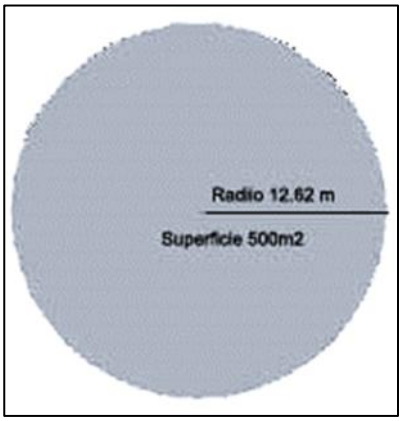
Tamaño del sitio y levantamiento de datos

La toma de datos de campo se realizó del 09 al 11 de noviembre de 2024 periodo correspondiente a la época de lluvias asociada a los frenes fríos en la región y en donde la vegetación en general presenta follaje abundante por lo que no es difícil de identificar las especies. De acuerdo a las características de la asociación vegetal presente en el Proyecto, se levantaron 12 sitios circulares de 500 m^2 cada uno distribuidos en 2 líneas de muestreo. Esto dividido de la siguiente manera:

Los sitios circulares tienen un radio de 12.62 m, por lo que en total el tamaño de cada sitio muestreado para la selva en general fue de 500 m^2, en estos se levantó información de cada una de las especies presentes a partir de 5 cm. de diámetro y en sentido del orden en que giran las manecillas del reloj, para ello se ubicó al centro del sitio una baliza con una cinta de color en donde se indica el número correlativo del sitio

En cuanto a los parámetros que se utilizaron en el levantamiento de los datos del arbolado en cada sitio se mencionan lo siguiente: número de sitio, número de árbol, especie, diámetro, altura, sanidad y forma.

Figura 9. 2. Tamaño de cada sitio de muestreo, para el levantamiento de datos.



Georreferenciación de las líneas y sitios de muestreo

Para cada línea y sitio en particular se establecieron sus coordenadas geográficas por medio de un GPS GARMIN V.5, con marco de referencia cartográfico WGS 84 (equivalente a ITRF92 oficial para México) y la zona 16-Q.

El GPS, sistema de posicionamiento global asistido por satélites civiles permite la ubicación precisa de puntos en el planeta.

Procesamiento de datos

El procesamiento de la información se realizó a través del programa selva versión 2001 editado por el INIFAP, este programa fue diseñado para procesar información dasométrica de inventarios forestales, el cual emplea fórmulas de regresión para los cálculos de los DAP las cuales son las definidas por el Inventario Nacional Forestal para las especies y grupos de especies propias de los estados de Campeche, Yucatán y Quintana Roo.

Los volúmenes promedios, de área basal y volumen total son obtenidos a través del cálculo del programa estadístico Excel versión 2010, además de que estos resultados se presentan por medio de tablas, los cuales se generaron a partir de un conjunto de opciones de variables relacionadas con el número de árboles, área basal, especies, volumen total entre otros.

9.4. Estimación de las Emisiones de CO_2

Para realizar la estimación de la emisión directa de CO_2 equivalente de las obras y actividades del Proyecto durante las etapas de preparación y construcción, se aplicará la siguiente metodología de cálculo por factores de emisión de acuerdo con lo establecido en el *Acuerdo que establece las particularidades técnicas y las fórmulas para la aplicación de metodologías para el cálculo de emisiones de gases o compuestos de efecto invernadero* publicado en el Diario Oficial de la Federación el 03 de septiembre de 2015. Se calculará la cantidad que se genera de cada GEI mediante la aplicación de las siguientes fórmulas:

$$E_{CO_2} = VC \times PC \times FE_{CO_2}$$

$$E_{CH_4} = VC \times PC \times FE_{CH_4}$$

$$E_{N_2O} = VC \times PC \times FE_{N_2O}$$

Dónde:

E_{CO2}	Emisiones de dióxido de carbono en toneladas [t]
E_{CH4}	Emisiones de metano en kilogramos [kg]
E_{N2O}	Emisiones de óxido nitroso en kilogramos [kg]
VC	Consumo de combustible al año en litros [L] o metros cúbicos [m^3]
PC	Poder calorífico de cada combustible [MJ/L o MJ/m^3]
FE	Factor de emisión de cada gas [t/MJ o Kg/MJ]

El factor de emisión de cada gas se tomó de los valores establecidos en el Artículo Sexto, Fracción 2, del Acuerdo (DOF, 2015), sus valores se enlistan en la Tabla 9. 3.

Tabla 9. 3. Factores para el cálculo de emisiones directas e indirectas de GEI.

Combustible	CO_2 (t/MJ)	CH_4 (t/MJ)	N_2O (t/MJ)
Diesel	7.41 E-05	4.15 E-06	2.86 E-06
Gasolina y naftas	6.93 E-05	5.00 E-05	2.00 E-6

Dicho Acuerdo también señala que para la estimación de la emisión indirecta por consumo de electricidad se aplicará la siguiente fórmula:

$$E_{CO_2e} = W_{Elect} \times FE_{Elect}$$

Donde:

E_{CO2e}	Emisiones de dióxido de carbono equivalente proveniente del consumo de energía eléctrica [t CO_2e]
W_{Elect}	Consumo de energía eléctrica [MWh]
FE_{Elect}	Factor de emisión por consumo de energía eléctrica [t CO_2/MWh]

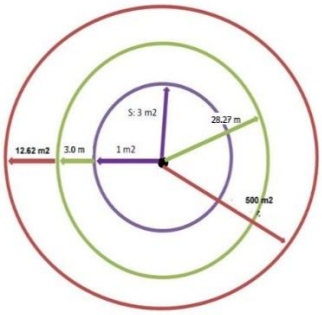
El FE_{Elect} que se deberá usar es el que publique año con año la SEMARNAT, que, de acuerdo con su último reporte de 2024, el factor de emisión eléctrico corresponde a **0.444 tCO_2e / MWh**.

9.5. Caracterización Ambiental de la Vegetación

La toma de datos de campo se realizó de acuerdo con las características de la asociación vegetal presente, es decir, para la vegetación de selva mediana subperennifolia con vegetación secundaria arbórea registrada en la unidad de análisis (cuenca) y Proyecto. Para la unidad de análisis se levantaron 20 sitios circulares de 500 m^2 cada uno distribuidos en 9 líneas de muestreo. Para el Proyecto se levantaron 12 sitios circulares de 500 m^2 cada uno distribuidos en 2 líneas de muestreo. El levantamiento de información se llevó a cabo del 09 al 11 de noviembre del 2024.

Se utilizó un muestreo sistemático aplicando la técnica de muestreo por sitios circulares concéntricos con diferentes superficies (todos dentro de un mismo círculo) el cual suman una superficie total de 500 m^2, es decir para el arbolado de 10 cm en adelante se utilizó el circulo con un radio de 12.62 m a partir del centro dando una total de 500 m^2, para el arbolado entre 5 y 9.9 cm de diámetro se utilizó un círculo con un radio de 3 m a partir del centro teniendo una superficie de muestreo de 28.27 m^2 y para la regeneración que va desde nivel de suelo hasta los 4.9 cm de diámetro se utilizó un círculo de 1 m a partir del centro teniendo una superficie de muestreo de 3 m^2 (Figura 9.3).

Figura 9.3. Diseño de muestreo.



En cada sitio se tomaron los parámetros siguientes:

a) Sitio de 500 m^2: Todos aquellos árboles por especie con diámetro a la altura del pecho (DAP) de 10 cm en adelante.
b) Sitio de 28.27 m^2: Todos aquellos arbustos por especie con diámetro entre 5 y 9.9 cm.
c) Sitio de 3 m^2: Se contabilizaron los individuos por especie con diámetros de 1 hasta 4.9 cm.
d) Se anotó el nombre común de las especies presentes en el levantamiento de datos.
e) El proceso de la información se realizó a través del programa Selva versión 2001 editado por el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias (INIFAP, sureste).

Una vez obtenida la información de campo, ésta fue procesada, clasificando el arbolado de acuerdo a su forma biológica o forma de vida, con el objetivo de obtener el listado florístico por estratos, situando así a cada individuo en el listado general según corresponda y de acuerdo a la siguiente clasificación: Estrato arbóreo, estrato arbustivo y estrato herbáceo.

Posteriormente con base en la distribución de cada individuo por sitio de muestreo, se elaboró la tabla correspondiente para obtener la frecuencia por sitio, ésta a su vez, sirvió para la obtención del Índice de Valor de Importancia (IVI).

Curva de Especie Área para la Vegetación de Selva Mediana Subperennifolia

Ante la carencia de estudios específicos realizados en la zona que señalen el tamaño del área de muestreo que habrá de permitir el mejor entendimiento de la estructura de la selva mediana subperennifolia con vegetación secundaria arbórea, se realizó el análisis del área mínima necesaria. De esta manera, en la siguiente Figura 9.4 y Figura 9.5, se muestra la relación obtenida, en donde se representa la superficie muestreada en total de 20 sitios circulares de 500 m^2 (cada uno) para la unidad de análisis y 12 sitios circulares de 500 m^2 (cada uno) para el Proyecto, con relación al número de especies arbóreas encontradas, observándose el patrón típico en donde se alcanza un máximo de acumulación de especies y al alcanzar la asíntota la curva se mantiene más o menos constante, lo cual indica que se ha encontrado el mayor número de especies que ahí se distribuyen (Anexo 4.1 y Anexo 4.2).

Figura 9.4. Curva de especies área para la vegetación de selva mediana subperennifolia / vegetación secundaria arbórea en la unidad de análisis. Fuente: Elaboración propia.

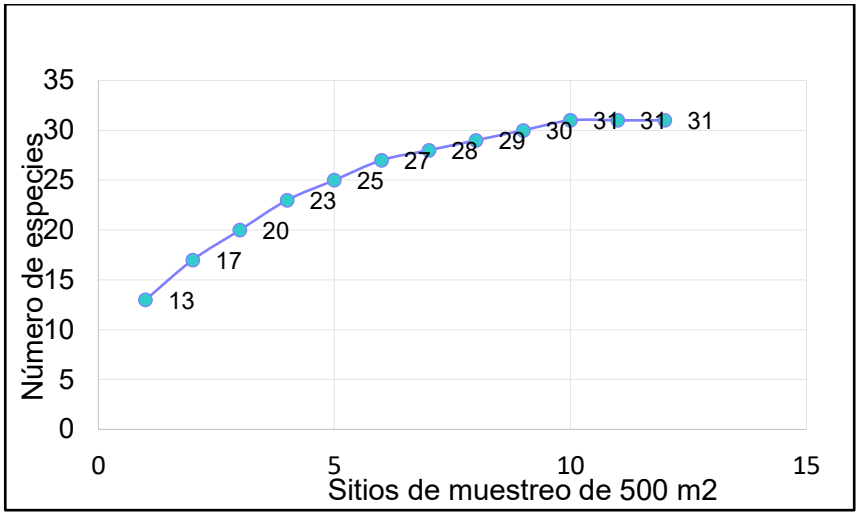
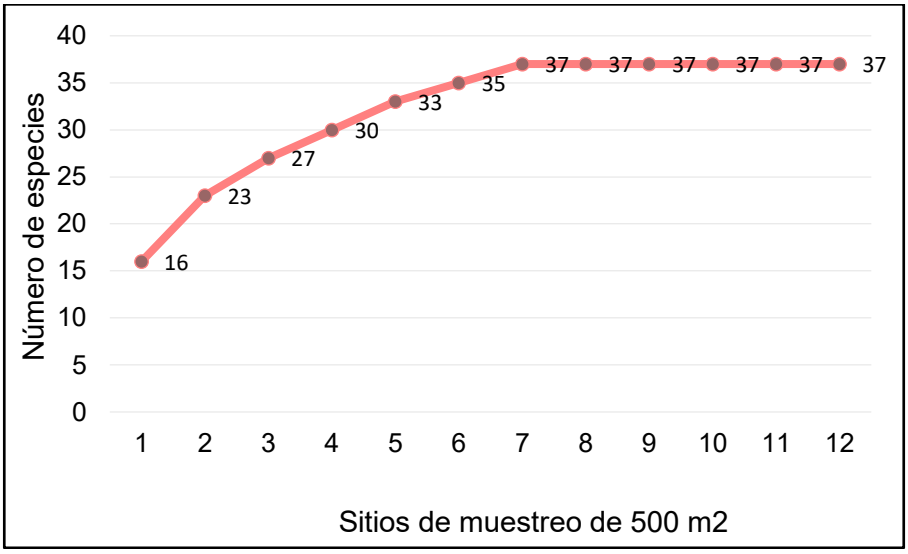


Figura 9.5. Curva de especies área para la vegetación de selva mediana subperennifolia / vegetación secundaria arbórea en el Proyecto. Fuente: Elaboración propia.



De acuerdo con lo anterior, es evidente que para el estrato arbóreo de la selva mediana subperennifolia con vegetación secundaria arbórea que se distribuye en la unidad de análisis, se requiere una superficie mínima de muestreo del orden de los 5,000 m² (10 sitios) y en el Proyecto se requiere una superficie mínima de muestreo del orden de los 3,500 m^2 (7 sitios). De acuerdo con los datos anteriores, se considera que los resultados obtenidos a través del presente estudio son válidos y representativos, ya que se ha alcanzado una superficie de muestreo de 10,000 m^2 (20 sitios) para la unidad de análisis y una superficie de muestreo de 6,000 m^2 (12 sitios) para el Proyecto.

Para el análisis de datos de la comunidad vegetal se utilizaron los siguientes índices.

- **Diversidad**

Se estimó el índice de Shannon-Wiener con los datos directos recabados, para ello se utilizó la siguiente fórmula:

$$H' = -\sum_{i-1}^{s} Pi * \log 2 * Pi$$

Dónde:

H´= índice de diversidad
s= número de especies presentes
Pi= proporción de especies
log2 = la fórmula utiliza el logaritmo base 2
ni= número de individuos de la especie i
N= Número total de individuos

- **Equitatividad**

La equitatividad se calculó con la siguiente formula:

$$J' = \frac{H'}{H'_{max}} \qquad H'_{max} = lnS$$

Dónde:

H'= índice de diversidad de Shannon
S= número de especies presente en la comunidad

- **Valor de importancia**

La expresión utilizada para calcular el índice de Valor de Importancia fue la siguiente:

$$IVI = (cobertura\ relativa + densidad\ relativa + frecuencia\ relativa)$$

Donde:

IVI = Índice de Valor de Importancia

Densidad relativa = número de individuos por especie / total de individuos de la especie * 100
Frecuencia relativa = número de veces que se encontró una especie en el muestreo / total de veces que se encontraron las especies en el muestreo * 100
Cobertura relativa = área de cada especie / área total de especies * 100

Para la correcta identificación de las especies de flora, se utilizaron los siguientes listados: http://www.tropicos.org/Home.aspx, http://www.theplantlist.org/.

Para la identificación de las especies consideradas en algún estatus de protección y endémicas, se utilizó la *NORMA Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010, Protección ambiental-Especies nativas de México de flora y fauna silvestres-Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio-Lista de especies en riesgo*, así como *MODIFICACIÓN del Anexo Normativo III, Lista de especies en riesgo de la Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010, Protección ambiental-Especies nativas de México de flora y fauna silvestres-Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio-Lista de especies en riesgo, publicada el 30 de diciembre de 2010*.

9.6. Caracterización Ambiental de la Fauna Terrestre

Unidad de análisis

Para la caracterización ambiental de la fauna en la unidad de análisis (SAR), con el fin de contar con datos más robusto, y de diferentes temporalidades, se optó por utilizar la información que ha sido generada, a través del monitoreo de la fauna vertebrada, establecido para el proyecto Ciudad Mayakoba, para los dos periodos presentados previamente, que corresponden con los años 2018 – 2019 y 2020 – 2021.

- **Aves**

Las aves se muestrearon durante 5 días, en los meses de marzo y agosto de 2018 – 2019 y 2020 – 2021, siguiendo brechas ya establecidas y en la cual se tomaron puntos de muestreo y a través de conteos por contacto visual en distancia limitada (Ralph, J & M Scott, 1981). La identificación de las especies se llevó a cabo mediante el uso de binoculares y guías de campo de aves de la región (Aves Comunes de la Península de Yucatán 2008). De antemano, se reconoce que durante las primeras horas de la mañana es cuando se registran la mayor cantidad de aves y que en las horas del mediodía estos organismos bajan notoriamente su actividad y la reinician al atardecer una vez que las condiciones ambientales son menos extremas.

- **Anfibios y reptiles**

Para el registro de anfibios y reptiles de la zona, se empleó el método de búsqueda generalizada que consiste en recorrer la zona de estudio en un tiempo determinado revisando acumulaciones de hojarasca, troncos, piedras, así como los arbustos de denso follaje del área, teniendo como ayuda el uso de guías de campo de anfibios y reptiles de la región (Anfibios y Reptiles de Sian Ka'an 2008). Los muestreos se efectuaron sobre el mismo transecto o brecha ya establecida y en la cual se tomaron puntos de muestreo durante 5 días en los meses de marzo a agosto de 2018 – 2019 y 2020 – 2021, realizándose en dos diferentes horarios, 7:00 a 9:00 am y 7:00 a 9:00 pm, con el fin de registrar especies diurnas y nocturnas. Los registros se realizaron mediante inspecciones visuales, búsqueda directa y la utilización de ganchos herpetológicos. Para el caso de anfibios se incluyó el registro auditivo, ya que estos tienen un canto característico.

- **Mamíferos**

Para el caso de los mamíferos, se realizaron recorridos y monitoreos puntuales durante 5 días, a lo largo del transecto señalado en el punto de aves y anfibios y reptiles, durante los meses de marzo y agosto de 2018 – 2019 y 2020 - 2021 y se registraron las observaciones directas, las cuales incluyeron: animales vistos, escuchados u olidos, así como observaciones indirectas como: huellas, excretas, rascaderos, comederos, etc., (Gates, 1983). Adicionalmente se instalación una serie de trampas de las denominadas Sherman (6 en total) y Tomahawk (2 en total) con la intención de capturar roedores y mamíferos de talla chica y mediana, además de recopilar una amplia información de la fauna existente a través de la entrevista con los trabajadores del Proyecto. También se emplearon binoculares, cámara fotográfica y guías de campo ilustradas (guía completa de 2008). Mediante el monitoreo establecido se pudo conocer la preferencia de hábitat para las especies (Anexo 4.6). En el caso de las huellas, estas fueron medidas y comparadas con un manual de identificación (huellas y otros rastros de los mamíferos grandes y medianos de México 2000).

Se contó con GPS Garmin 60 empleando el Datum WGS-84 para documentar la posición geográfica de los diferentes transectos.

Cámara trampa

Se instalaron cámaras trampa o cámara de sensor al movimiento con un mecanismo para obtener una fotografía natural de los posibles individuos que se pudiesen registrar, este método es nuevo e innovador ya que al colocarlas en un lugar específico se deja por 12 horas activadas, que posteriormente se recarga para volver a dejarlas en función. Estas cámaras son de gran ayuda debido a que algunas especies son de difícil observación debido a que huyen a la presencia de personas. Estas trampas se colocan generalmente por la tarde o noche y se levantan al amanecer. Esto llevará a tener un registro con más exactitud de las especies encontradas y poder determinar si es necesaria su captura.

Para la identificación de las especies consideradas en algún estatus de protección y endémicas, se utilizó la *NORMA Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010, Protección ambiental-Especies nativas de México de flora y fauna silvestres-Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio-Lista de especies en riesgo*, así como *MODIFICACIÓN del Anexo Normativo III, Lista de especies en riesgo de la Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010, Protección ambiental-Especies nativas de México de flora y fauna silvestres-Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio-Lista de especies en riesgo, publicada el 30 de diciembre de 2010*.

Proyecto

Tomando en consideración la ubicación geográfica del Proyecto, el índice de ruido por la cercanía de los desarrollos colindantes y la vialidad de acceso, se considera que en general la presencia de especies de fauna (aves, reptiles, mamíferos y anfibios) podría ser baja. Para conocer el tipo de hábitat y el estado de conservación del mismo, así como las especies consideradas bajo algún estatus contemplado en la NOM-059-SEMARNAT-2010, se realizaron, tanto en la unidad de análisis, como en el Proyecto, los estudios correspondientes.

- **Aves**

Para las aves, en la unidad de análisis y Proyecto, se llevaron a cabo muestreos in situ, durante tres días (periodo comprendido del 09 al 11 de noviembre de 2024), siguiendo el método de transecto sobre tres brechas de aproximadamente 200 metros, el levantamiento de datos se realizó a través de conteos por contacto visual en distancia limitada (Ralph, J & M Scott, 1981). La identificación de las especies se llevó a cabo mediante el uso de binoculares y guías de campo de aves de la región (Aves Comunes de la Península de Yucatán, 2008). De antemano, se reconoce que durante las primeras horas de la mañana es cuando se registran la mayor cantidad de aves y que en las horas del mediodía estos organismos bajan notoriamente su actividad y la reinician al atardecer una vez que las condiciones ambientales son menos extremas.

- **Anfibios y reptiles**

Para el registro de anfibios y reptiles, se empleó el método de búsqueda generalizada que consiste en recorrer la zona de estudio en un tiempo determinado revisando acumulaciones de hojarasca, troncos, piedras, así como los arbustos de denso follaje, utilizando para la identificación el uso de guías de campo (Anfibios y Reptiles de Sian Ka'an, 2008). Los muestreos se efectuaron durante tres días, en la misma fecha y sobre los mismos transectos utilizados para la identificación de

aves, realizándose en dos diferentes horarios, 7:00 a 9:00 a.m. y, 7:00 a 9:00 p.m., con el fin de registrar especies diurnas y nocturnas. Los registros se realizaron mediante inspecciones visuales, búsqueda directa y la utilización de ganchos herpetológicos. Para el caso de anfibios se incluyó el registro auditivo, ya que estos tienen un canto característico.

- **Mamíferos**

Para el caso de los mamíferos, se realizaron recorridos y monitoreos puntuales durante tres días y en la misma fecha, a lo largo de los transectos señalados en el punto de aves y anfibios y reptiles, y se registraron las observaciones directas, las cuales incluyeron: animales vistos, escuchados u olidos, así como observaciones indirectas como: huellas, excretas, rascaderos, comederos, etc., (Gates, 1983). Adicionalmente se instalación una serie de trampas de las denominadas Sherman (6 en total) y Tomahawk (2 en total) con la intención de capturar roedores y mamíferos de talla chica y mediana, además de recopilar una amplia información de la fauna existente a través de la entrevista con los trabajadores del Proyecto. También se emplearon binoculares, cámara fotográfica y guías de campo ilustradas. En el caso de las huellas, estas fueron medidas y comparadas con un manual de identificación (Huellas y Otros Rastros de los Mamíferos Grandes y Medianos de México, 2000).

Se contó con GPS Garmin 60 empleando el Datum WGS-84 para documentar la posición geográfica de los diferentes transectos.

Cámara trampa

Se instaló una trampa o cámara de sensor al movimiento con un mecanismo para obtener una fotografía natural de los posibles individuos que se pudiesen registrar, este método es nuevo e innovador ya que al colocarlas en un lugar específico se deja por 12 horas activadas, que posteriormente se recarga para volver a dejarlas en función. Estas cámaras son de gran ayuda debido a que algunas especies son de difícil observación debido a que huyen a la presencia de personas. Estas trampas se colocan generalmente por la tarde o noche y se levantan al amanecer. Esto llevará a tener un registro con más exactitud de las especies encontradas y poder determinar si es necesaria su captura.

Para la identificación de las especies consideradas en algún estatus de protección y endémicas, se utilizó la *NORMA Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010, Protección ambiental-Especies nativas de México de flora y fauna silvestres-Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio-Lista de especies en riesgo*, así como *MODIFICACIÓN del Anexo Normativo III, Lista de especies en riesgo de la Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010, Protección ambiental-Especies nativas de México de flora y fauna silvestres-Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio-Lista de especies en riesgo, publicada el 30 de diciembre de 2010*.

9.6.1. Análisis de los Datos

Para el análisis de datos de la comunidad vegetal se utilizaron los siguientes índices.

- **Diversidad**

Se estimó el índice de Shannon-Wiener con los datos directos recabados, para ello se utilizó la siguiente fórmula:

$$H' = -\sum_{i-1}^{s} Pi * \log 2 * Pi$$

Dónde:

H´= índice de diversidad
s= número de especies presentes
Pi= proporción de especies
log2 = la fórmula utiliza el logaritmo base 2
ni= número de individuos de la especie i
N= Número total de individuos

- **Equitatividad**

La equitatividad se calculó con la siguiente formula:

$$J' = \frac{H'}{H'_{max}} \qquad H'_{max} = lnS$$

Dónde:

H'= índice de diversidad de Shannon
S= número de especies presente en la comunidad

9.7. Paisaje

Calidad visual

La calidad visual del paisaje fue determinada mediante el método propuesto por Bureau of Land Managemente (BML) de U.S.A. (1980), basado en el análisis de las categorías estéticas del terreno, este método lleva aplicándose largo tiempo en la planificación territorial. En la determinación de la fragilidad visual y la capacidad de absorción visual del paisaje, se utilizó una adaptación de los métodos propuestos por Escribano et al. (1987) y la técnica basada en la metodología de Yeomans (1986), respectivamente. Para el análisis de los tres componentes se optó por realizar una evaluación conjunta del área del Proyecto, por considerar que las variables evaluadas poseen valores similares si está se dividiera en varias unidades de estudio, siendo posible encontrar un resultado global que represente a toda el área.

Los criterios de valoración de la calidad escénica aplicados por BML se presentan en la Tabla 9.4 y la clasificación de áreas de acuerdo a su calidad visual según la suma total de puntos obtenida de la valoración de los criterios se presenta en la Tabla 9.5.

Tabla 9.4. Criterios de valoración para la calidad escénica del paisaje.

Componente	Criterios de Valoración y Puntuación		
Morfología	Relieve muy montañoso, marcado y prominente (acantilados, agujas, grandes formaciones rocosas); o bien relieve de gran variedad superficial o muy erosionado, o sistemas de dunas, o bien presencia de algún rasgo muy singular y dominantes	Formas erosivas interesantes o relieve variado en tamaño y forma. Presencia de formas y detalles interesantes, pero no dominantes o excepcionales	Colinas suaves, fondos de valle planos, pocos o ningún detalle singular
Puntuación	5	3	1
Vegetación	Gran variedad de tipos de vegetación, con formas, texturas y distribución interesantes	Alguna variedad en la vegetación, pero solo uno o dos tipos	Poca o ninguna variedad o contraste en la vegetación
Puntuación	5	3	1
Color	Combinaciones de color intensas y variadas o contrastes agradables entre suelo, vegetación, roca y agua	Alguna variedad e intensidad en los colores y contrastes, pero no actúa como elemento dominante	Muy poca variación de color o contraste, colores apagados
Puntuación	5	3	1
Cuerpos de agua	Factor dominante en el paisaje, limpia y clara, aguas blancas (rápidos y cascadas) o láminas de agua en reposo	Agua en movimiento o reposo, pero no dominante en el paisaje	Ausente o inapreciable
Puntuación	5	3	0
Fondo escénico	El paisaje circundante potencia mucho la calidad visual	El paisaje circundante incrementa moderadamente la calidad visual en el conjunto	El paisaje adyacente no ejerce influencia en la calidad del conjunto
Puntuación	5	3	0
Singularidad o rareza	Único o poco corriente o muy raro en la región, posibilidad de contemplar fauna y vegetación excepcional	Característico, aunque similar a otros en la región	Bastante común en la región
Puntuación	6	2	1

Componente	Criterios de Valoración y Puntuación		
Actuaciones humanas	Libre de actuaciones estéticamente no deseadas o con modificaciones que inciden favorablemente en la calidad visual	La calidad escénica está afectada por modificaciones poco armoniosas, aunque no en su totalidad, o las actuaciones no añaden calidad visual	Modificaciones intensas y extensas que reducen o anulan la calidad escénica
Puntuación	2	0	0

Tabla 9.5. Clasificación de áreas de acuerdo a su calidad visual.

Clase	Descripción	Puntaje
Clase A	Áreas de calidad alta, áreas con rasgos singulares y sobresalientes.	19 a 33
Clase B	Áreas de calidad media, áreas cuyos rasgos poseen variedad en la forma, color y línea, pero que resultan comunes en la región estudiada y no son excepcionales.	12 a 18
Clase C	Áreas de calidad baja, áreas con muy poca variedad en la forma, color, línea y textura.	0 a 11

Los criterios de valoración de la fragilidad visual aplicados por Escribano se presentan en la Tabla 9.6 y los intervalos de valores de calificación y la connotación para la fragilidad visual se presentan en la Tabla 9.7.

Tabla 9.6. Criterios para la evaluación de la fragilidad visual del paisaje.

Factores	Elementos	Fragilidad		
		Alta	Media	Baja
Biofísico	Pendientes	Pendientes de más de 30%, terrenos con un dominio del plano vertical de visualización.	Pendientes entre 15 y 30%, y terrenos con modelado suave u ondulado.	Pendientes entre 0 y 15%, plano horizontal de dominancia.
	Puntuación	5	3	1
	Densidad vegetación	Grandes espacios sin vegetación. Agrupaciones aisladas. Dominancia estrata herbácea.	Cubierta vegetal discontinua. Dominancia de estrata arbustiva.	Grandes masas boscosas. 100% de cobertura.
	Puntuación	5	3	1
	Contraste vegetación	Vegetación monoespecífica, escasez vegetacional, contrastes poco evidentes.	Mediana diversidad de especies, con contrastes evidentes, pero no sobresalientes.	Alta diversidad de especies, fuertes e interesantes contrastes.
	Puntuación	5	3	1
	Alturas de la vegetación	Vegetación arbustiva o herbácea, no sobrepasa los 2 m de altura o Sin vegetación.	No hay gran altura de las masas (< 10 m), ni gran diversidad de estratos.	Gran diversidad de estratos. Alturas sobre los 10 m.
	Puntuación	5	3	1
Visualización	Tamaño de la cuenca visual	Visión de carácter cercana o próxima (0 a 500 m). Dominio de los primeros planos.	Visión media (500 a 2000 m), dominio de los planos medios de visualización.	Visión de carácter lejano o a zonas distantes (>2000 m)
	Puntuación	5	3	1
	Forma de la cuenca visual	Cuencas alargadas, generalmente unidireccionales en el flujo visual o muy restringida.	Cuencas irregulares, mezcla de ambas categorías.	Cuencas regulares extensas, generalmente redondeadas.
	Puntuación	5	3	1

Factores	Elementos	Fragilidad		
		Alta	Media	Baja
	Compacidad	Vistas panorámicas abiertas. El paisaje no presenta huecos, ni elementos que obstruyan los rayos visuales.	El paisaje presenta zonas de menor incidencia visual, pero en un porcentaje moderado.	Vistas cerradas u obstaculizadas. Presencia constante de zonas de sombra o menor incidencia visual.
	Puntuación	5	3	1
Singularidad	Unicidad del paisaje	Paisaje singular, notable, con riqueza de elementos únicos y distintivos.	Paisaje interesante pero habitual, sin presencia de elementos singulares.	Paisaje común, sin riqueza visual o muy alterado.
	Puntuación	5	3	1
Accesibilidad	Visual	Percepción visual alta, visible a distancia y sin mayor restricción.	Visibilidad media, ocasional, combinación de ambos niveles.	Baja accesibilidad visual vistas escasas o breves.
	Puntuación	5	3	1
	Física	Localizado a corta distancia de carretera, caminos locales, poblados o zona habitadas.	Localizado en zona con caminos secundarios, poco transitados.	Localizado en predio privado con acceso restringido, zonas sin caminos públicos.
	Puntuación	5	3	1

Tabla 9.7. Clasificación de la fragilidad visual.

Clasificación	Connotación visual del área	Puntaje
Fragilidad visual alta	Área sensible frente a intervenciones, con nula o mínima capacidad para absorber impactos	34 - 45
Fragilidad visual media	Área medianamente sensible frente a intervenciones. Capacidad media de absorción de impactos	21 – 33
Fragilidad visual baja	Área capaz de absorber impactos visuales, dada su composición u organización. La incorporación de nuevos elementos no alteraría significativamente las características del área	9 - 20

Capacidad de absorción visual

La valoración de la capacidad de absorción visual del paisaje se realiza a través de factores de los medios físico y biótico, los que se cualifican y combinan en la siguiente expresión:

$$CAV = P * (E + R + D + C + V)$$

Donde:

P = Pendiente.

E = Erosionabilidad capacidad de regeneración de la vegetación.

R = Potencial estético.

D = Diversidad de la vegetación.

C = Contraste de color de suelo roca.

V = Actuación humana.

La escala de referencia para la evaluación se muestra en la Tabla 9. 8 y los puntajes asignados a cada condición para la valoración de la capacidad de absorción visual se presentan en la Tabla 9. 9.

Tabla 9. 8. Factores del paisaje determinantes de su capacidad de absorción visual.

Factor	Condiciones	Puntajes	
		Nominal	Numérico
Pendiente (P)	Inclinado (pendiente >55%)	Bajo	1
	Inclinación suave (25–55% de pendiente)	Moderado	2
	Poco inclinado (0-25% de pendiente)	Alto	3
Diversidad de vegetación (D)	Eriales, prados y matorrales	Bajo	1
	Coníferas, repoblaciones	Moderado	2
	Diversificada (mezcla de claros y bosques)	Alto	3
Estabilidad del suelo y erosionabilidad (E)	Restricción alta derivada de riesgos alto de erosión e inestabilidad, pobre regeneración potencial	Bajo	1
	Restricción moderada debido a ciertos riesgos de erosión e inestabilidad y regeneración potencial	Moderado	2
	Poca restricción por riesgo bajos de erosión e inestabilidad y buena regeneración potencial	Alto	3
Potencial estético (R)	Potencial bajo	Bajo	1
	Potencial moderado	Moderado	2
	Potencial alto	Alto	3
Actuación humana (V)	Fuerte presencia antrópica	Alto	3
	Presencia moderada	Moderado	2
	Casi imperceptible	Bajo	1
Contrastes de color (C)	Elementos de bajo contraste	Bajo	1
	Contraste visual moderado	Moderado	2
	Contraste visual alto	Alto	3

Tabla 9. 9. Escala de referencia para la determinación de la capacidad de absorción visual.

Nominal	Numérico
Bajo	<15
Moderado	15-30
Alto	> 30

9.8. Evaluación de los Impactos Ambientales

El análisis para la identificación de los impactos ambientales se realizó bajo un enfoque interdisciplinario, que consideró tres niveles de complejidad ecológica: Elementos, procesos y ecosistemas, y que fueron la base de las siguientes técnicas convencionales de evaluación de impacto ambiental:

1) Análisis por medio de los sistemas de información geográfica.

2) Elaboración de listas de chequeo.

3) Desarrollo de matrices de interacción

4) El juicio de expertos

Las metodologías de cada una de las técnicas presentadas anteriormente, son descritas a detalle a continuación.

- Análisis por medio de los sistemas de información geográfica

La cartografía temática levantada para el Proyecto, el SA y el CHF del mismo, permitió evaluar la situación ambiental actual del mismo, considerando la unidad natural de la cual forma parte.

Para la caracterización del Predio, SA y CHF se utilizó:

a) Fotografía satelital obtenida del programa Google Earth.
b) Obtención del Modelo Digital de Elevación del Terreno.
c) Interpretación geomorfológica de la topografía del terreno.
d) Estudio de caracterización de vegetación del predio.
e) Estudio de caracterización de fauna del predio.
f) Análisis de los instrumentos normativos aplicables.
g) Análisis e incorporación de diversas fuentes cartográficas y bibliográficas.
h) Diagnóstico ambiental del predio.

Una vez determinadas las condiciones del Proyecto, SA y CHF, fue posible llevar a cabo la identificación de posibles impactos ambientales que serían originados, así como su nivel de incidencia de acuerdo a la escala espacial.

- Listas de chequeo

Las listas de chequeo se elaboraron a partir de los factores naturales del entorno susceptibles de ser modificados, así como de las acciones en cada etapa del Proyecto que pudieran generar impactos en dichos factores. Los impactos se dividieron de acuerdo con el nivel y el factor sobre el que inciden.

Una vez identificados los factores del medio susceptibles de recibir impactos se procedió a elaborar una lista de chequeo en donde se relacionó por etapa cada actividad del Proyecto con los impactos que produciría y los factores ambientales que afectaría. A cada impacto se le clasificó como negativo, si sus efectos provocaban un detrimento en los atributos de cada factor considerado; o positivo si mejoraban la condición de estos.

Es importante resaltar que la elaboración de la siguiente lista de chequeo se fundamentó no solo en la percepción de las interacciones de los componentes del entorno y el Proyecto, sino también en un detallado análisis de la cartografía temática disponible, el juicio de expertos y la experiencia en identificación de impactos producidos por desarrollos similares.

- Matrices de interacción

La matriz de identificación de impactos ambientales consiste en una tabla que confronta cada actividad prevista por el Proyecto con el factor sobre el que incide y el impacto que provoca en él. Los impactos fueron identificados previamente en la lista de chequeo. Posteriormente, se procede a calificar los impactos como negativos (n) o positivos (p), según Gómez-Orea (2002), el signo de un impacto mide la gravedad de éste cuando es negativo y el "grado de bondad" cuando es positivo; en uno u otro caso, el valor se refiere a la cantidad, calidad, grado y forma en que un factor ambiental es alterado y al significado ambiental de dicha alteración.

Como en el caso de la lista de chequeo, esta matriz se fundamentó en el juicio de los expertos que participaron en la investigación ambiental del Proyecto, en el análisis de la información cuantitativa generada con lo sistemas de información geográfica y en los datos arrojados por los estudios científicos desarrollados específicamente para los temas de vegetación y fauna.

Su objetivo fue identificar las interacciones que producen impactos positivos (p) y negativos (n), mediante la ponderación de:

- El componente ambiental más afectado por el Proyecto.
- La etapa que más efectos ambientales positivos o negativos provoca.
- Las actividades que generan la mayor recurrencia de cada impacto ambiental identificado.

Con la información obtenida de esta manera fue posible determinar las medidas de mitigación y compensación que se integraron a los programas que conforman el Sistema de Manejo y Gestión Ambiental propuesto para el Proyecto y descrito en el Capítulo 7, así como establecer medidas precautorias para la no afectación de elementos, procesos o ecosistemas sensibles.

9.8.1. Evaluación de Impactos

Para calcular la significancia o relevancia de un impacto se consideraron dos variables: la incidencia y la magnitud.

La magnitud se define como la cantidad y calidad del factor modificado en términos relativos al marco de referencia adoptado[5] (Gómez-Orea 2002) y se calculó para el presente DTU-BP a partir de las superficies por tipo de vegetación o ecosistema que serán alteradas y del estado de conservación de cada factor que será afectado de acuerdo a lo manifestado en los estudios científicos particulares realizados para el SA delimitado.

La incidencia se refiere a la severidad, grado y forma de la alteración, definidos por su intensidad y por la siguiente serie de atributos de tipo cualitativo: *consecuencia, acumulación, sinergia, momento, reversibilidad, periodicidad, permanencia, recuperabilidad y frecuencias* (Gómez-Orea

[5] Marco de referencia: espacio geográfico en relación con el cual se estima el valor de un impacto, que para el caso de este DTU-BP, se refiere al SA definido.

2002). Para calcular la incidencia se le asignó a cada uno de dichos atributos un valor entre 1 y 3 según las definiciones que se muestran en la Tabla 9. 10.

Tabla 9. 10. Descripción de la escala de los atributos para evaluar impactos ambientales. Fuente: GPPA elaboración propia modificada de Gómez-Orea (2003).

Atributos	Escala		
	1	2	3
Consecuencia (C)	**Indirecto**: el impacto ocurre de manera indirecta.	No aplica	**Directo:** el impacto ocurre de manera directa.
Acumulación (A)	**Simple**: cuando el efecto en el ambiente no resulta de la suma de los efectos de acciones particulares ocasionados por la interacción con otros que se efectuaron en el pasado o que están ocurriendo en el presente.	No aplica	**Acumulativo:** cuando el efecto en el ambiente resulta de la suma de los efectos de acciones particulares ocasionados por la interacción con otros que se efectuaron en el pasado o que están ocurriendo en el presente.
Sinergia (S)	**No Sinérgico:** cuando el efecto conjunto de la presencia simultánea de varias acciones no supone una incidencia ambiental mayor que la suma de las incidencias individuales contempladas aisladamente.	No aplica	**Sinérgico:** cuando el efecto conjunto de la presencia simultánea de varias acciones supone una incidencia ambiental mayor que la suma de las incidencias individuales contempladas aisladamente.
Momento o Tiempo (T)	**Corto**: cuando la actividad dura menos de 1 mes.	**Mediano:** la acción dura más de 1 mes y menos de 1 año.	**Largo:** la actividad dura más de 1 año.
Reversibilidad del impacto (Rv)	**A corto plazo**: la tensión puede ser revertida por las actuales condiciones del sistema en un período de tiempo relativamente corto, menos de un año.	**A mediano plazo:** el impacto puede ser revertido por las condiciones naturales del sistema, pero el efecto permanece de 1 a 3 años.	**A largo plazo**: el impacto podrá ser revertido naturalmente en un periodo mayor a tres años, o no sea reversible.
Periodicidad (Pi)	**Aparición irregular**: cuando el efecto ocurre de manera ocasional.	No aplica	**Periódico:** cuando el efecto se produce de manera reiterativa.
Permanencia (Pm)	**Temporal**: el efecto se produce durante un periodo definido de tiempo.	No aplica	**Permanente:** el efecto se mantiene al paso del tiempo.
Recuperabilidad (Rc)	**Recuperable**: que el componente afectado puede volver a contar con sus características.	No aplica	**Irrecuperable:** que el componente afectado no puede volver a contar con sus características (efecto residual).
Frecuencia (F)	**Poco frecuente:** el impacto se presenta en menos de un tercio de las actividades del proyecto.	**Medianamente frecuente:** el impacto se presenta entre un tercio y dos tercios de las actividades del proyecto.	**Muy frecuente:** el impacto se presenta en más de dos tercios de las actividades del proyecto.

Con base en el juicio de expertos, la lista de chequeo y la matriz de identificación de impactos ambientales, se generó una matriz de evaluación de impactos ambientales en donde se califica cada impacto, de acuerdo con el factor ambiental y sus propiedades afectadas.

Con los resultados de dicho análisis se pudo calcular el índice de incidencia para cada impacto, mediante la aplicación del modelo propuesto por Gómez-Orea (2002)[6] y cuyos pasos se describen a continuación:

1. Se atribuyó un código numérico a cada carácter del atributo, acotado entre un valor máximo para la más desfavorable y uno mínimo para la más favorable.

2. El índice de incidencia de cada impacto se evaluó a partir del siguiente algoritmo simple, que consiste en la sumatoria de los valores asignados a los atributos de cada impacto y sus rangos de valor o escala (Expresión V.1):

$$I = C + A + S + T + Rv + Pi + Pm + Rc + F \qquad \text{Expresión V.1}^{7}$$

3. Se estandarizó cada valor de cada impacto entre 0 y 1 mediante la Expresión V.2.

$$\text{Incidencia} = I - Imin \,/\, Imax - Imin \qquad \text{Expresión V.2}$$

Siendo:

I = el valor de incidencia obtenido por un impacto.

I_{max}= el valor de la expresión en el caso de que los atributos se manifestaran con el mayor valor, que para el caso de esta evaluación será 24, por ser 8 atributos con un valor máximo cada uno de 3.

I_{min} = el valor de la expresión en caso de que los atributos se manifiesten con el menor valor, que para el caso de esta evaluación será 9, por ser 9 atributos con un valor mínimo cada uno de 1.

Esta matriz permitió evaluar los impactos ambientales generados en términos de su importancia, conocer los componentes ambientales más afectados por el proyecto e identificar y evaluar los impactos acumulativos y residuales, asociados directamente con los atributos de *acumulación y recuperabilidad*.

9.8.2. Jerarquización de Impactos

La matriz de jerarquización de impactos ambientales es solamente una variante de la de evaluación de impactos ambientales, pero tiene el objetivo de ordenar los impactos de mayor a menor para una mejor visualización de la jerarquía de los mismos, asignándoles un código de color para facilitar su valoración.

Debido a que al estandarizar los valores obtenidos para el índice de incidencia el máximo valor posible es 1, los impactos se agruparon en 3 rangos de 0.33 que se muestran en la Tabla 9. 11, y a cada uno de los cuales se le asignó un código de color. La descripción de cada rango y su interpretación se ajustan a las especificidades del SA en cuanto a la integridad de sus

[6] Domingo Gómez Orea (2002), página 330.
[7] Modificado de Gómez-Orea, Domingo. Evaluación de Impacto Ambiental. Mundi-Prensa 2002. Pag. 330

componentes, así como a la definición de impacto ambiental relevante citada en el Reglamento de la Ley General de Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en Materia de Evaluación de Impacto Ambiental.

Tabla 9. 11. Rango de significancia de los impactos ambientales evaluados de acuerdo con su Índice de Incidencia.

Rango	Interpretación	Índice de Incidencia
Significativo (S)	Se pueden generar alteraciones que sin medidas afecten el funcionamiento o estructura de los ecosistemas dentro del SA.	0.68 o mayor
No significativo (NS)	Se compromete la integridad de elementos o procesos sin poner en riesgo la estructura y función de los ecosistemas de los que forman parte.	0.34 a 0.67
Despreciables (D)	Alteraciones de muy bajo impacto a elementos o procesos que no comprometen la integridad de los mismos.	0.33 o menor

Los impactos ambientales que por su índice de incidencia resultaron despreciables no fueron considerados para la determinación de su magnitud y significancia. Sin embargo, esto no los excluyo del análisis para el establecimiento de las medidas de prevención, mitigación o compensación que se describe en el Capítulo 7 del presente DTU-BP. Lo anterior se fundamenta en el hecho de que no todos los impactos identificados deben analizarse con la misma intensidad, sino que conviene centrarse en los impactos clave (Gómez-Orea 2002).[8]

9.8.3. Determinación de la Significancia

La significancia de los impactos evaluados se determinó de acuerdo con la definición de “impacto significativo” establecida en el Reglamento de la Ley General de Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en Materia de Evaluación de Impacto Ambiental, que en su fracción IX del Artículo 3 dice a la letra:

IX. Impacto ambiental significativo o relevante: Aquel que resulta de la acción del hombre o de la naturaleza, que provoca alteraciones en los ecosistemas y sus recursos naturales o en la salud, obstaculizando la existencia y desarrollo del hombre y de los demás seres vivos, así como la continuidad de los procesos naturales;

Esta definición y su consecuente razonamiento, indica que no todos los impactos deben atenderse con la misma intensidad, sino que conviene centrarse en los impactos clave, es decir, aquellos que potencialmente pueden generar desequilibrios ecológicos o ecosistémicos o que puedan sobrepasar límites establecidos en normas jurídicas específicas, sin menosprecio de las acciones que se puedan desarrollar para mitigar los impactos despreciables. Por ello se describieron y analizaron los criterios en base, a la definición arriba señalada, para este caso se consideraron los siguientes criterios: criterio jurídico, criterio ecosistémico (integridad funcional), criterio de calidad ambiental (percepción del valor ambiental) y criterio de capacidad de carga.

[8] Gómez-Orea, Domingo. Evaluación de Impacto Ambiental. Mundi Prensa 2002. Pág. 324.

9.9. Estimación de la Erosión Potencial del Suelo

Como se ha referido, para la estimación de la pérdida de suelo se utilizó el modelo predictivo de la Ecuación Universal de Pérdida de Suelo (EUPS) simplificada de acuerdo con Martínez-Ménez (2005), misma que se expresa como:

$$E = R\ K\ LS\ C\ P$$

Dónde:

E = Erosión del suelo t/ha año
R = Erosividad de la lluvia. Mj/ha mm/hr
K = Erosionabilidad del suelo
LS = Longitud y Grado de pendiente
C = Factor de vegetación
P = Factor de prácticas mecánicas

Aplicando la ecuación anterior se pudo estimar los diferentes escenarios de erosión bajo diferentes condiciones. De esta forma, se estimó la erosión bajo las condiciones actuales (sin CUSTF y sin proyecto), así como la erosión con proyecto (con CUSTF, proyecto y medidas antierosivas), tal como se puede observar en los siguientes apartados.

9.10. Estimación de la Infiltración del Agua

Para la estimación del volumen de infiltración del agua en el área de estudio se utilizó la siguiente ecuación lineal:

$$Infiltración = (P - ETR)\ At - Ve$$

Dónde:

P= Precipitación (m^3/m^2/año)
ETR= Evapotranspiración (m^3/m^2/año)
Ve= Volumen de escurrimiento (m^3/año)
At= Área de la parcela de estudio (m^2)

9.11. Anexos Documentales

Anexo	Concepto
Anexo 1.1	Escritura Pública
Anexo 1.2	Escritura Pública
Anexo 1.3	Constancia de situación fiscal
Anexo 1.4	Representante legal
Anexo 1.5	Escritura Pública
Anexo 1.6	Registro federal de contribuyentes de la empresa responsable de la elaboración del estudio de impacto ambiental
Anexo 1.7	Cédula profesional del responsable técnico de la elaboración del estudio
Anexo 1.8	Constancia de situación fiscal de la empresa responsable de la elaboración del estudio forestal

Anexo 1.9	Número de inscripción en registro forestal nacional
Anexo 1.10	Cédula profesional del responsable técnico de la elaboración del estudio forestal
Anexo 2.1	Factibilidad Aguakan
Anexo 2.2	Factibilidad Aguakan
Anexo 2.3	Coordenadas UTM del área de cambio de uso de suelo en terrenos forestales (documentación presentada en archivos Excel
Anexo 3.1	Oficio número SGPA/DGIRA/DG/04219
Anexo 3.2	Oficio número SGPA/DGIRA/DG/03246
Anexo 3.3	Oficio número SGPA/DGIRA/DG/09500
Anexo 3.4	Oficio número SGPA/DGIRA/DG/04903
Anexo 3.5	Oficio número SGPA/DGIRA/DG/02437
Anexo 3.6	Periódico Oficial del Estado de Quintana Roo, publicación emitida el 22 de junio de 2020
Anexo 3.7	Periódico Oficial del Estado de Quintana Roo, publicación emitida el 21 de febrero de 2021
Anexo 4.1	Datos de Unidad de Análisis (documentación presentada en archivos Excel
Anexo 4.2	Representatividad del muestreo Unidad de Análisis (documentación presentada en archivos Excel
Anexo 4.3	Datos predio del proyecto (08-09-25)
Anexo 4.4	Curva especie área
Anexo 4.5	Representatividad del muestreo predio
Anexo 4.6	Fauna unidad de análisis y predio (documentación presentada en archivos Excel) y Acuses de ingreso
Anexo 4.7	Cálculo de carbono y cálculo de volumen (documentación presentada en archivos Excel)
Anexo 4.8	Comparativa flora y fauna e índice de Jaccard
Anexo 6.1	EUPs e Infiltración
Anexo 7.1	Propuesta de Programa de Rescate y Reubicación de Especies de Flora y Fauna
Anexo 9.1	Coordenadas UTM del Proyecto (documentación presentada en archivos Excel

9.12. Anexos Cartográficos

Figura	Plano
Figura 1.1	Ubicación regional del Proyecto
Figura 1.2	Superficie del Lote 003 y Lote 008
Figura 1.3	Distribución de los usos de suelo asignados por el PPDU-J a los predios Lote 003 y Lote 008
Figura 1.4	Distribución de los usos de suelo asignados por el Plan Maestro Ciudad Mayakoba a los predios Lote 003 y Lote 008
Figura 1.5	Coordenadas Lote 13
Figura 1.6	Coordenadas Lote 32
Figura 2.3	Lotes que conforma el Proyecto en Plan Maestro autorizado de Ciudad Mayakoba
Figura 2.4	Distribución de las obras propuestas para el Proyecto
Figura 2.6	Representación gráfica local del Proyecto
Figura 2.8	Vía de acceso al Proyecto
Figura 2.9	Distribución de las superficies de aprovechamiento y conservación del Proyecto.
Figura 2.10	Distribución de las superficies de aprovechamiento del Proyecto respecto de la vegetación registrada
Figura 2.11	Distribución en el Proyecto de obras techadas y no techadas
Figura 2.12	Distribución en el Proyecto de las áreas permeables y no permeables
Figura 2.13	Área sujeta a CUSTF
Figura 2.14	Distribución de las torres en los Lotes 13 y 32, que conforman la Fase A
Figura 2.16	Distribución de las torres en los Lotes 13 y 32, que conforman la Fase B.
Figura 2.19	Ubicación del estacionamiento no techado en el Lote 32
Figura 2.21	Ubicación de las casetas en el Lote 13 y 32
Figura 2.23	Distribución de las áreas verdes en el Proyecto

Figura	Plano
Figura 2.24	Distribución de las áreas de conservación en el Proyecto
Figura 2.25	Ubicación de los pozos de absorción Lote 13
Figura 2.26	Ubicación de los pozos de absorción Lote 32
Figura 2.27	Ubicación de las obras provisionales en el Lote 13
Figura 2.28	Ubicación de las obras provisionales en el Lote 32
Figura 3.3	Ubicación del Proyecto dentro del Programa de Ordenamiento Ecológico General del Territorio
Figura 3.4	Ubicación del Proyecto respecto del Programa de Ordenamiento Ecológico Marino y Regional del Golfo de México y Mar Caribe
Figura 3.6	UGA del Programa de Ordenamiento Ecológico Local del Municipio de Solidaridad aplicable al Proyecto
Figura 3.9	Ubicación del Proyecto dentro del Programa Parcial de Desarrollo Urbano El Jesusito
Figura 3.11	Ubicación geográfica de las áreas naturales protegidas federales cercanas al Proyecto
Figura 3.12	Ubicación geográfica de las áreas naturales protegidas estatales y municipales cercanas al Proyecto
Figura 3.13	Ubicación del Proyecto respecto a la Región Hidrológica Prioritaria 105 Corredor Cancún - Tulum
Figura 3.14	Ubicación del Proyecto respecto de las Regiones Terrestres Prioritarias
Figura 3.15	Ubicación del Proyecto respecto a la Región Marina Prioritaria 63 Punta Maroma – Punta Nizuc
Figura 3.16	Ubicación del Proyecto respecto de las Áreas de Importancia para la Conservación de las Aves
Figura 3.17	Ubicación del Proyecto respecto a los Sitios Prioritarios de Manglar más cercanos
Figura 3.18	Ubicación del Proyecto respecto a los Sitios Prioritarios Marinos más cercanos
Figura 3.19	Ubicación del Proyecto respecto a los Sitios Prioritarios Terrestres más cercanos
Figura 3.20	Ubicación del Proyecto respecto de los sitios Ramsar
Figura 4.2	Localización del Proyecto respecto de la Cuenca Hidrológica Forestal
Figura 4.4	Provincias y subprovincias fisiográficas a nivel regional
Figura 4.5	Unidades naturales del SAR del proyecto autorizado Ciudad Mayakoba
Figura 4.7	Uso de suelo y vegetación donde se ubica el Proyecto
Figura 4.13	Sistema Ambiental Regional del Proyecto
Figura 4.14	Localización del SAR respecto de la CHF
Figura 4.15	Distribución de los tipos de climáticos a nivel regional
Figura 4.17	Distribución de los tipos de suelo a nivel regional
Figura 4.25	Geología a nivel regional
Figura 4.26	Plano de fallas y fracturamiento
Figura 4.30	Distribución de los sitios de muestreo de flora dentro de la unidad de análisis
Figura 4.34	Distribución de los sitios de muestreo de flora dentro del Proyecto
Figura 4.36	Distribución de los sitios de monitoreo de la fauna correspondientes al proyecto Ciudad Mayakoba
Figura 4.38	Distribución de los sitios de muestreo de fauna dentro del Proyecto
Figura 7.6	Ubicación inicial con la que contara el vivero temporal

9.13. Bibliografía

Acuerdo por el que se expide la parte marina del Programa de Ordenamiento Ecológico Marino y Regional del Golfo de México y Mar Caribe y se da a conocer la parte regional del propio Programa [POEMyRGMyMC] Diario Oficial de la Federación, 24 de noviembre de 2012.

Acuerdo por el que se expide el Programa de Ordenamiento Ecológico General del Territorio [POEGT]. Diario Oficial de la Federación, 07 de septiembre de 2012.

Alba, E. y Reyes, M. 2018. Valoración económica de los recursos biológicos del país. En La diversidad biológica de México. Estudio de país. (211-236). México: CONABIO (Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad).

Arriaga Cabrera, L., E. Vázquez Domínguez, J. González Cano, R. Jiménez Rosenberg, E. Muñoz López, V. Aguilar Sierra (coordinadores). 1998. Regiones marinas prioritarias de México. Comisión Nacional para el Conocimiento y uso de la Biodiversidad. México.

Arriaga, L., J.M. Espinoza, C. Aguilar, E. Martínez, L. Gómez y E. Loa (coordinadores). 2000. Regiones terrestres prioritarias de México. Comisión Nacional para el Conocimiento y uso de la Biodiversidad. México.

Batllori, E. y Febles J. 2002. El agua subterránea en el desarrollo regional de la península de Yucatán. Centro de Investigaciones Avanzadas del Instituto Politécnico Nacional. Avance y perspectiva, volumen 21. 67–77 pp.

Berger, J. 1993. Ecological Restoration and Non Indigenous Plant Species: A Review. Restoration Ecology. June: 74-82.

Castro, M. (2013). Registro de la Riqueza Herbácea y Arbustiva en el Bosque de Abies religiosa de la Zona de Amortiguamiento del Parque Nacional Izta-Popo y el Parque Nacional Zoquiapan. Facultad de Estudios Superiores Zaragoza. Laboratorio de Contaminación Atmosférica. Universidad Nacional Autónoma de México.

Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas. 24 de agosto de 2016. Los Sitios Ramsar de México. Obtenido de: https://www.gob.mx/conanp/acciones-y-programas/sitios-ramsar.

Comisión Nacional del Agua. 2012. Programa Hídrico Regional Visión 2030. Región Hidrológica – Administrativa XXII Península de Yucatán. México, D.F. 135 pág.

Comisión Nacional del Agua. 2015. Actualización de la disponibilidad media anual de agua en el acuífero Península de Yucatán (3105), Estado de Yucatán. 23 pág.

Comisión Nacional del Agua. 2018. Información Climatológica por Estado. Base de Datos Climatológica. México. Recuperado de: http://smn.cna.gob.mx/es/informacion-climatologica-ver-estado?estado=qroo.

CONABIO-CONANP-TNC-PRONATURA. 2007. Sitios marinos prioritarios para la conservación de la biodiversidad. Recuperado de: http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:qxnWn9ksy3sJ:www.conabio.gob.mx/gap/index.php/Procesos_oceanogr%25C3%25A1ficos+&cd=1&hl=es-419&ct=clnk&gl=mx&client=firefox-b-d.

Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos [CPEUM]. Artículos 1, 4, 27 y 133. 05 de febrero de 1917. Diario Oficial de la Federación. Última reforma DOF 29 de enero de 2016.

Convenio Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático. Artículos 3 y 4. 1992. Naciones Unidas.

Convenio sobre la Diversidad Biológica. Artículo 14. 1992. Naciones Unidas.

Charvet, G. 2009. Exploration, modelling and management of groundwater resources in Northern Quintana Roo, Mexico. Technical University of Denmark, Department of Environmental Engineering. 123 pp.

Dajoz, R. 2001. Entomología forestal: los insectos y el bosque. Papel y diversidad de los insectos en el medio forestal. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid, España.

Decreto del Ejecutivo del Estado, mediante el cual se establece el Programa de Ordenamiento Ecológico Local del Municipio de Solidaridad, Quintana Roo, México [POEL Solidaridad]. Periódico Oficial del Estado de Quintana Roo, 25 de mayo de 2009.

Diario Oficial de la Federación. 31 de julio de 2014. ACUERDO mediante el cual se expiden los costos de referencia para reforestación o restauración y su mantenimiento para compensación ambiental por cambio de uso de suelo en terrenos forestales y la metodología para su estimación.

Diario Oficial de la Federación. 2018. Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente. Obtenido de http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/148_050618.pdf.

Doering, D.O. and Butler, J.H. 1974. Hydrogeologic constraints on Yucatan's development, Science 186 (4,164), 591-595.

Duch-Gary J. (1988). La conformación territorial del estado de Yucatán. Universidad Autónoma de Chapingo. México. 427 p.

Echavarren, J. 2007. Aspectos Socioeconómicos de la Evaluación de Impacto Ambiental. Centro de Estudios Andaluces. Revista Internacional de Sociología. Vol. LXV, N° 47. Pp 99 -16.

Espinoza, N., Gatica, J. y Smyle, J. 1999. El pago por servicios ambientales y el desarrollo sostenible en el medio rural. San José, C.R.: Unidad Regional de Asistencia Técnica (RUTA).

FAO – Unesco. 1976. Mapa mundial de suelos 1:5 000 000. Place de Fontenoy, París. 120 pág.

Fernández-Eguiarte, A., Zavala-Hidalgo, J., Romero-Centeno, R., 2018. Atlas Climático Digital de México. Universidad Nacional Autónoma de México. Centro de ciencias de la Atmósfera. Obtenido de: http://uniatmos.atmosfera.unam.mx/.

Gaines, L., Harrod, J., Eehmkuhl, F. 1999. Monitoring biodiversity: quantification and interpretation. Gen. Tech. Rep. PNW-GTR-443. Portland, OR: USDA, FS, Pacific Northwest Research Station.

García, E. – Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO), (1998). 'Climas' (clasificación de Köppen, modificado por García). Escala 1:1000000. México.

Gómez-Orea, D. 2002. Evaluación de Impacto Ambiental. Un instrumento preventivo para la gestión ambiental. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid, España.

Gómez-Orea, D. y Gómez Villarino, M. 2013. Evaluación de Impacto Ambiental. Ediciones Mundi-Prensa. España.

Gómez-Pompa, A.; Vázquez-Yanes, C. 1981. Successional studies of a rainforest in México. In: West, D.C.; Shugart, H.H.; Botking, D.B., eds. Forest succession, concepts, and applications. New York: Springer- Verlag: 246-266.

GRUDEMI. (2017-2020). Enciclopedia Económica. Obtenido de: https://enciclopediaeconomica.com/sectores-economicos/.

Herrera, P. S. F. Crecimiento Económico y Turístico para un Desarrollo Regional en la Riviera Maya, Caso de Estudio Playa del Carmen. Recuperado de: http://www.saree.com.mx/lab/sites/default/files/cap3TM/CAPITULO3_V2_HERRERAPdocx.pdf

H. Ayuntamiento de Solidaridad. 2016 – 2018. Plan Municipal de Desarrollo. 2016-2018.

H. Ayuntamiento de Solidaridad. 2016. Atlas de Peligros y/o Riesgos del Municipio de Solidaridad. Obtenido de: file:///C:/Users/Yazmin/Downloads/YAZMIN%20DESCARGAS/Documentos%20Consulta/

Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. 1990. Geología de la República Mexicana. Aguascalientes, Ags., México. 87 pág.

Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática. 2002. Estudio Hidrológico del Estado de Quintana Roo. Aguascalientes, Ags, México. 49 pág.

Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. 2008. Características edafológicas, fisiográficas, climáticas e hidrográficas de México. Recuperado de: http://www.inegi.org.mx/inegi/spc/doc/INTERNET/1-GEOGRAFIADEMEXICO/MANUAL_CARAC_EDA_FIS_VS_ENERO_29_2008.pdf.

Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. 2009. Portuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos. Solidaridad, Quintana Roo. Clave geoestadística 23008. Recuperado de: http://www3.inegi.org.mx/contenidos/app/mexicocifras/datos_geograficos/23/23008.pdf.

Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. 2014. Censos Económicos. 76 pág.

Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. 2015. Panorama sociodemográfico de Quintana Roo. México. 39 pág.

Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. 2015. Principales resultados de la Encuesta Intercensal. 103 pág.

Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. 2016. Anuario estadístico y geográfico de Quintana Roo. México. 410 pág.

IUSS Working Group WRB, 2015. Base referencial mundial del recurso suelo 2014, actualización 2015. Sistema internacional de clasificación de suelos para la nomenclatura de suelos y la creación de leyendas de mapas de suelos. Informes sobre recursos mundiales de suelos 106. FAO, Roma. 218 pág.

Izko, X. y Burneo, D. 2003, Herramientas para la valoración y manejo forestal sostenible de los bosques sudamericanos. UICN-Sur.

Jurisprudencia I.4o.A. J/2 (10a.), sostenida por el Cuarto Tribunal Colegiado en materia Administrativa del Primer Circuito, visible en la página 1627 del Libro XXV, Tomo 3 del mes de octubre de 2013; publicado en el Semanario Judicial de la Federación, Décima Época, cuyo rubro es “Derecho a un medio ambiente adecuado para el desarrollo y bienestar. Aspectos en que se desarrolla”.

Kauffer, E. y Villanueva, C. 2011. Retos de la Gestión de una Cuenca Construida: La Península de Yucatán en México. Aqua-LAC – Vol. 3 – N° 2. Pp 81 – 91.

Ley de Aguas Nacionales [LAN]. 01 de diciembre de 1992. Diario Oficial de la Federación. Última reforma DOF 06 de enero de 2020.

Ley Federal de Responsabilidad Ambiental [LFRA]. 7 de junio de 2013.Diario Oficial de la Federación.

Ley General de Cambio Climático [LGCC]. 06 de junio de 2012. Diario Oficial de la Federación. Última reforma DOF 13 de julio de 2018.

Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable. Diario Oficial de la Federación, México, 05 de junio de 2018. Última reforma publicada DOF 11 de abril de 2022.

Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente. Diario Oficial de la Federación, México, 28 de enero de 1988. Última reforma publicada DOF 05 de junio de 2018.

Ley del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente del Estado de Quintana Roo [LEEPA]. 29 de junio de 2001. Última reforma PO 16 de agosto de 2018.

Ley General de Vida Silvestre [LGVS]. 03 de julio de 2000. Diario Oficial de la Federación. Última reforma DOF 19 de enero de 2018.

Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos [LGPGIR]. 08 de octubre de 2003. Diario Oficial de la Federación. Última reforma DOF 19 de enero de 2018.

Ley Federal sobre Metrología y Normalización [LFMN]. 01 de julio de 1992. Diario Oficial de la Federación. Última reforma DOF 30 de abril de 2009.

López-Torres, J. y Tamarit-Urias. (2005). Crecimiento e incremento en diámetro de Lysiloma latisiliquum (L) Beth en bosque secundarios en Escárcega, Campeche, México. Revista Chapingo. Recuperado de: https://www.researchgate.net/publication/286334546_Crecimiento_e_incremento_en_dia

metro_de_Lysiloma_latisiliquum_L_Benth_en_bosques_secundarios_en_Escarcega_Campeche_Mexico_Revista_Chapingo.

Magurran, A. 1988. Ecological diversity and its measurement. Princeton University Press. New Jersey.

Martínez-Garza, C. and R. González-Montagut. 2002. Seed rain of fleshy-fruited species in tropical pastures in Los Tuxtlas, Mexico. Journal of Tropical Ecology, 18: 457-462.

Martínez-Garza C. and H.F. Howe. 2003. Restoring tropical diversity: beating the time taxon species loss. Journal of Applied Ecology 40: 423 -429.

Martínez-Garza, C., S. Saha, V. Torres, J. S. Brown and H. F. Howe. 2004. Planting densities and bird and rodent absence affect size distributions of four dicots in synthetic tallgrass communities. Oecologia, 139: 433-439.

MODIFICACIÓN del Anexo Normativo II, Lista de especies en riesgo de la Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010, Protección ambiental-Especies nativas de México de flora y fauna silvestres-Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio-Lista de especies en riesgo, publicada el 30 de diciembre de 2010.

Molina, P. 2005. Plan de Negocios para el emprendimiento de una empresa constructora de vivienda. Caso: Urbanización La Pradera (Tesis de MBA). Tarija, Bolivia: Universidad Católica Boliviana.

Moterroso R.A. et al. 2014. Vulnerabilidad y adaptaciones a los efectos del cambio climático en México. Centro de Ciencias de la Atmósfera. Programa de Investigación en Cambio Climático. Universidad Nacional Autónoma de México. http://atlasclimatico.unam.mx/VulnerabilidadalCC/PDFs/QuintanaRoo.pdf.

Montes S. Frederiksen. 2002. Manual de métodos Básicos de Muestreo y Análisis de Ecología Vegetal, Santa Cruz de la Sierra Bolivia. 82 p.

Muñoz, P.C. 1994. The Economic Value of Mexican Biodiversity. O'Toole R. y K. Hess Jr., Incentives for Protecting Northamerican Biodiversity, vol. 1, núm. 3. Oregón.

Naeem, S., Chair, F., Chapin, III., Costanza, F., Ehrlich, P., Golley, F., Hooper, D., Lawton, J., O'Neill, Robert., Mooney, H., Sala, O., Symstad, A. y Tilman, D. 1999. Biodiversity and Ecosystem Fuctioning: Maintaining Natural Life Support Processes. Issues in Ecology. Number 4.

NORMA Oficial Mexicana NOM-001-STPS-2008, Edificios, locales, instalaciones y áreas en los centros de trabajo-Condiciones de seguridad. 24 de noviembre de 2008. Diario Oficial de la Federación.

NORMA Oficial Mexicana NOM-002-STPS-2010, Condiciones de seguridad-Prevención y protección contra incendios en los centros de trabajo. 09 de diciembre de 2010. Diario Oficial de la Federación.

NORMA Oficial Mexicana NOM-003-SEGOB-2011, Señales y avisos para protección civil. -Colores, formas y símbolos a utilizar. 23 de diciembre de 2011. Diario Oficial de la Federación.

NORMA Oficial Mexicana NOM-017-STPS-2008, Equipo de protección personal-Selección, uso y manejo en los centros de trabajo. 09 de diciembre de 2008. Diario Oficial de la Federación.

NORMA Oficial Mexicana NOM-052-SEMARNAT-2005. Que establece las características, el procedimiento de identificación, clasificación y los listados de los residuos peligrosos. 23 de junio de 2006. Diario Oficial de la Federación.

NORMA Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010, Protección ambiental-Especies nativas de México flora y fauna silvestres-Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio-Lista de especies en riesgo. Diario Oficial de la Federación, México, jueves 30 de diciembre de 2010.

NORMA Oficial Mexicana NOM-076-SEMARNAT-2012. Que establece los niveles máximos permisibles de emisión de hidrocarburos no quemados, monóxido de carbono y óxidos de nitrógeno provenientes del escape, así como de hidrocarburos evaporativos provenientes del sistema de combustible, que usan gasolina, gas licuado de petróleo, gas natural y otros combustibles alternos y que se utilizarán para la propulsión de vehículos automotores con peso bruto vehicular mayor de 3,857 kilogramos nuevos en planta. 27 de noviembre de 2012. Diario Oficial de la Federación.

NORMA Oficial Mexicana NOM-077-SEMARNAT-1995. Que establece el procedimiento de medición para la verificación de los niveles de emisión de la opacidad del humo proveniente del escape de los vehículos automotores en circulación que usan diésel como combustible. 13 de noviembre de 1995. Diario Oficial de la Federación.

NORMA Oficial Mexicana NOM-080-SEMARNAT-1994. Que establece los límites máximos permisibles de emisión de ruido proveniente del escape de los vehículos automotores, motocicletas y triciclos motorizados en circulación y su método de medición. 13 de enero de 1995. Diario Oficial de la Federación.

NORMA Oficial Mexicana NOM-081-SEMARNAT-1994. Que establece los límites máximos permisibles de emisión de ruido de las fuentes fijas y su método de medición. 13 de enero de 1994. Diario Oficial de la Federación.

NORMA Oficial Mexicana NOM-138-SEMARNAT/SSA1-2012. Límites máximos permisibles de hidrocarburos en suelos y lineamientos para el muestreo en la caracterización y especificaciones para la remediación. 10 de septiembre de 2013. Diario Oficial de la Federación.

NORMA Oficial Mexicana NOM-162-SEMARNAT-2012, Que establece las especificaciones para la protección, recuperación y manejo de las poblaciones de las tortugas marinas en su hábitat de anidación. 01 de febrero de 2013. Diario Oficial de la Federación.

Patiño, V. F., Torres, L. J.L., Piña, Ch, F., Gómez, D. A. y Escalante, R. P. J., 2001. Selva 2001, Programa de cómputo, para procesar la información de inventarios forestales de especies tropicales.

Periódico Oficial del Estado de Quintana Roo. 22 de junio de 2020. Acuerdo mediante el cual se aprueba autorizar la Conformación del Polígono de Actuación Privado para la Relocalización de usos y destinos del suelo e intercambio de potencialidad de edificación dentro del desarrollo denominado “CIUDAD MAYAKOBA”, respecto a los lotes ubicados en

Carretera Federal 307 Chetumal- Puerto Juárez, Km 298, predio conocido como “EL JESUSITO” de la Ciudad de Playa del Carmen, Municipio de Solidaridad, Quintana Roo.

Periódico Oficial de la Federación. 21 de febrero de 2021. Acuerdo mediante el cual se aprueba autoriza la conformación del Polígono de Actuación Residencial, de actuación privada para la Relocalización de usos y destinos del suelo e intercambio de potencialidad de edificación dentro del desarrollo denominado complejo “CIUDAD MAYAKOBA”, respecto a los lotes 003 y 008, ubicados en la Carretera Federal 307 Chetumal-Puerto Juárez, km 298, en la Ciudad de Playa del Carmen, Municipio de Solidaridad, Quintana Roo; mismos que no contravienen, ni alteran las condiciones naturales de crecimiento, si no por el contrario privilegia la continuidad del desarrollo ordenado y planificado del Municipio de Solidaridad, Quintana Roo.

Pielou, C. 1975. Ecological diversity. John Wiley, New York.

Plan Estatal de Desarrollo 2016 – 2022 [PED]. 25 de enero de 2017. Periódico Oficial del Estado de Quintana Roo.

Plan Nacional de Desarrollo 2019 – 2024 [PND]. Diario Oficial de la Federación, México, 12 de julio de 2019.

Pozo, C., Armijo Canto, N. y Calmé, S. (editoras). 2011. Riqueza Biológica de Quintana Roo. Un análisis para su conservación, Tomo 1. El Colegio de la Frontera Sur (ECOSUR).

Programa de Desarrollo Urbano del Centro de Población Playa del Carmen, Municipio Solidaridad 2010 – 2050 [PDUPC]. Periódico Oficial del Estado de Quintana Roo, 20 de diciembre de 2010.

Programa Municipal de Desarrollo Urbano de Solidaridad 2010 – 2050 [PMDUS]. Periódico Oficial del Estado de Quintana Roo, 20 de diciembre de 2010.

Programa Sectorial de Medio Ambiente y Recursos Naturales 2013 – 2018 [PROMARNAT]. Diario Oficial de la Federación, México, 12 de diciembre de 2013.

Programa Sectorial de Turismo 2020 – 2024 [PROSECTUR]. Diario Oficial de la Federación, México, 03 de julio de 2020.

RAMSAR. s. f. Acerca de la Convención sobre los Humedales. Obtenido de: https://www.ramsar.org/es/node/5696.

Reglamento de la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable. Diario Oficial de la Federación, México, 09 de diciembre de 2020.

Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en Materia de Evaluación del Impacto Ambiental. Diario Oficial de la Federación, México, 30 de mayo de 2000. Última reforma publicada DOF 31 de octubre de 2014.

Reglamento de la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos. 30 de noviembre de 2006. Diario Oficial de la Federación. Última reforma DOF 31 de octubre de 2014.

Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos (SARH). 1985. Inventario Forestal del Estado de Campeche, SARH. Publicación Especial No.56, México, D.F. 91 pp.

Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos (SARH). 1985. Inventario Forestal del Estado de Tabasco, SARH. Publicación Especial No.54, México, D.F. 86 pp.

Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos (SARH). 1985. Inventario Forestal del Estado de Yucatán, SARH. Publicación Especial No.55, México, D.F. 95 pp.

Secretaria de la Convención de Ramsar. 2016. Manual de la Convención de RAMSAR. Introducción a la Convención sobre los Humedales.

Secretaría de Gobierno. Coordinación Estatal de Protección Civil; Departamento de Meteorología. https://qroo.gob.mx/segob/coeproc/ciclones-tropicales-con-influencia-en-el-territorio-estatal.

Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales. 08 de febrero de 2008. Guía Manifestación de Impacto Ambiental Regional. Obtenido de: https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/121011/Guia_MIA-Regional.pdf.

Secretaría de Turismo. 2018. Compendio Estadístico del Turismo en México. Obtenido de: file:///C:/Users/yazmin/Downloads/YAZMIN%20DESCARGAS/Documentos%20Consulta/COMPENDIO_TURISMO_MEX_2017.pdf.

Serrano-Altamirano, V.; Ruiz-Corral, A.; Rodríguez-Ávila, J. H.; Medina-García, G. y Cano-García, M.A. 2007. Estadísticas climatológicas básicas de la Península de Yucatán (Período 1961-2003). INIFAP. SAGARPA: Libro Técnico No. 1. Oaxaca, México. 190 pág.

Vázquez Navarrete, C.J., E.E. Mata, D.J. Palma, G. Márquez, A. López. 2011. Valoración Económica de los Bienes y Servicios Ambientales en Zonas con Influencia Petrolera en Tabasco, Secretaría de Recursos Naturales y Protección Ambiental. Villahermosa, Tabasco, México. 100 p.

Vidal R. 2005. Las Regiones Climáticas de México 1.2.2. Instituto de Geografía. Universidad Nacional Autónoma de México. México, D. F. 212 pág.

Villareal H., M. Álvarez, S. Córdoba, F. Escobar, G. Fagua, F. Gast, H. Mendoza, M. Ospina y A.M. Umaña. Segunda edición. 2006. Manual de médodos para el desarrollo de inventarios de biodiversidad. Programa de Inventarios de Biodiversidad. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Bogotá, Colombia.