

DATOS GENERALES DEL PROYECTO, DEL PROMOVENTE
Y DEL RESPONSABLE TÉCNICO DEL ESTUDIO
CAPÍTULO I

PROYECTO:

“SUPERFICIES LIMITADORAS DE
OBSTÁCULOS DEL AEROPUERTO
INTERNACIONAL DE CANCÚN”



PROMUEVE: AEROPUERTO DE CANCÚN, S. A. DE C. V.



SEPTIEMBRE DEL 2014

I. DATOS GENERALES DEL PROYECTO

1. NOMBRE DEL PROYECTO

Superficies limitadoras de obstáculos del aeropuerto internacional de Cancún

2. UBICACIÓN DEL PROYECTO

El terreno forestal que se pretende aprovechar para la implementación del proyecto, se ubica dentro del área concesionada al Aeropuerto Internacional de Cancún que a su vez se encuentra a la altura del kilómetro 22 de la Carretera Federal 307 Chetumal-Puerto Juárez, en el Municipio de Benito Juárez, Estado de Quintana Roo.

3. TIEMPO DE VIDA ÚTIL DEL PROYECTO

Se estima que el proyecto tendrá una vida útil de 50 años; desde la remoción de la vegetación hasta la operación del uso de suelo al que estará destinado el terreno forestal.

4. DOCUMENTACIÓN LEGAL QUE SE ANEXA

- Escritura Pública Número 44,127, Libro Número 617, de fecha 01 de abril de 1998, correspondiente al Acta Constitutiva de la sociedad denominada Aeropuerto de Cancún, S. A. de C. V.
- Escritura Pública Número 28536, Volumen 99 "A", de fecha 26 de enero del 2010, correspondiente al poder notarial que otorga la sociedad denominada Aeropuerto de Cancún, S. A. de C. V., a favor del C. Carlos Trueda Coll.
- Modificación a la concesión otorgada el 29 de junio de 1998 por el Gobierno Federal, a favor de Aeropuerto de Cancún, S. A. de C. V.
- Segunda modificación a la concesión otorgada el 29 de junio de 1998 por el Gobierno Federal, a favor de Aeropuerto de Cancún, S. A. de C. V.
- Identificación Oficial del C. Carlos Trueba Coll
- Registro Federal de Contribuyentes de Aeropuerto de Cancún, S. A. de C. V.

II. DATOS GENERALES DEL PROMOVENTE

1. NOMBRE O RAZÓN SOCIAL

Aeropuerto de Cancún, S. A. de C. V.

2. REGISTRO FEDERAL DE CONTRIBUYENTES

DATOS PROTEGIDOS POR LA LFTAIP

3. DOMICILIO PARA OÍR Y RECIBIR NOTIFICACIONES

DATOS PROTEGIDOS POR LA LFTAIPG
DATOS PROTEGIDOS POR LA LFTAIPG

III. DATOS GENERALES DEL REPRESENTANTE LEGAL

1. NOMBRE

C. Carlos Trueba Coll.

2. DOMICILIO PARA OÍR Y RECIBIR NOTIFICACIONES

DATOS PROTEGIDOS POR LA LFTAIPG
DATOS PROTEGIDOS POR LA LFTAIPG

DATOS DE INSCRIPCIÓN EN EL REGISTRO DE LA PERSONA QUE HAYA
FORMULADO EL ESTUDIO Y, EN SU CASO,
DEL RESPONSABLE DE DIRIGIR LA EJECUCIÓN

CAPÍTULO II

PROYECTO:

“SUPERFICIES LIMITADORAS DE
OBSTÁCULOS DEL AEROPUERTO
INTERNACIONAL DE CANCÚN”



PROMUEVE: AEROPUERTO DE CANCÚN, S. A. DE C. V.



SEPTIEMBRE DEL 2014

I. RESPONSABLE DE LA ELABORACIÓN DEL DOCUMENTO TÉCNICO UNIFICADO

1. NOMBRE O RAZÓN SOCIAL

Ing. Reynaldo Martínez López

2. R. F. C.

DATOS PROTEGIDOS POR LA LFTAIPG

3. C. U. R. P.

DATOS PROTEGIDOS POR LA LFTAIPG

4. CÉDULA PROFESIONAL

DATOS PROTEGIDO

5. DIRECCIÓN DEL RESPONSABLE TÉCNICO DEL ESTUDIO

DATOS PROTEGIDOS POR LA LFTAIPG

DATOS PROTEGIDOS POR LA LFTAIPG

DATOS PROTEGIDOS POR LA LFTAIPG

6. NÚMERO DE INSCRIPCIÓN EN EL REGISTRO FORESTAL NACIONAL

Libro OAX, Tipo UI, Volumen 3, Número 42, Año 10.

En el apartado de anexos del presente documento se presenta copia simple del certificado de inscripción al Registro Nacional Forestal del C. Ing. Reynaldo Martínez López.

7. NOMBRE DE LA PERSONA QUE FORMULÓ EL ESTUDIO

Ing. Reynaldo Martínez López

8. NOMBRE DEL RESPONSABLE DE DIRIGIR LA EJECUCIÓN DEL CUSTF DEL PROYECTO

Ing. Reynaldo Martínez López

DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO
CAPÍTULO III

PROYECTO:

“SUPERFICIES LIMITADORAS DE
OBSTÁCULOS DEL AEROPUERTO
INTERNACIONAL DE CANCÚN”



PROMUEVE: AEROPUERTO DE CANCÚN, S. A. DE C. V.



SEPTIEMBRE DEL 2014

I. NATURALEZA DEL PROYECTO

La planeación del Aeropuerto de Cancún, se desarrolla conforme lo establecido en el Plan Maestro de Desarrollo 2014-2030, el cual representa la expresión de la visión innovadora del Aeropuerto para mejorar la calidad de las operaciones a largo plazo. Es una visión formada por estrategias para eficientar los sistemas de seguridad aeroportuaria, con iniciativas para mejorar las condiciones de las terminales y aumentar la comodidad y la facilidad de acceso, así como de mostrar su sensibilidad a los problemas del medio ambiente, con sistemas que permitan administrar correctamente su control ambiental.

Derivado de lo anterior, es de vital importancia que la infraestructura de la pista 1 con designación 12R-30L y la pista 2 con designación 12L-30R del Aeropuerto Internacional de Cancún, cumplan con la normatividad aeronáutica, en relación a la superficie limitadora de obstáculos; esto con la finalidad de brindar una mayor seguridad en las operaciones aéreas de las aeronaves.

El presente proyecto, consiste en la eliminación de los obstáculos que penetren en las superficies limitadoras de obstáculos en una proyección de 14.3 % de la pendiente respecto a la horizontal a partir de los 150 m. libres de obstáculos a nivel de piso existentes.

Esta restricción implica que deberá eliminarse la vegetación y modificarse la topografía lateral para eliminar las partes que excedan la proyección de los 14.3 % de la pendiente.

El Fundamento para establecer la superficie de protección contra obstáculos en aeropuertos está indicado en el Artículo 29 del Reglamento de la Ley de Aeropuertos y la Circular Obligatoria CO DA-04/07 "REQUISITOS PARA REGULAR LA CONSTRUCCIÓN, MODIFICACIÓN Y OPERACIÓN DE LOS AERÓDROMOS", que a la letra establece que:

Artículo 29 El área definida de los aeródromos civiles está integrada por las superficies de tierra o agua delimitadas en una poligonal, así como por la zona de protección que determine la Secretaría, cuya descripción se publicará en el Diario Oficial de la Federación, junto con el título de concesión o permiso respectivo.

La zona de protección es parte de la vía de comunicación aérea y se integra por los espacios aéreos destinados para:

- I. Las trayectorias de llegada y salida, y*
- II. La delimitación de obstáculos:*
 - a) Horizontal interna y externa;*
 - b) Cónica;*
 - c) De aproximación y ascenso;*
 - d) De transición y de transición interna, y*
 - e) De libramiento de obstáculos para procedimientos por instrumentos.*

Las especificaciones técnicas para determinar las zonas de protección y limitación de obstáculos se encuentran descritas en la circular CO DA-04/07 "REQUISITOS PARA REGULAR LA CONSTRUCCIÓN, MODIFICACIÓN Y OPERACIÓN DE LOS AERÓDROMOS", emitida por la Dirección General de Aeronáutica Civil, organismo descentralizado de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes.

II. SELECCIÓN DEL SITIO

El sitio para la construcción del proyecto fue elegido con base en tres criterios que fueron ponderados por el promovente y que sustentan su decisión para invertir en el desarrollo de esta obra, a través de la construcción y operación de las superficies limitadoras de obstáculos del Aeropuerto, mismos que se describen a continuación.

1. CRITERIOS AMBIENTALES

El área en la cual se pretende desarrollar el proyecto fue seleccionada por que los impactos ambientales serán mínimos, ya que sólo implica la remoción de vegetación.

2. CRITERIOS SOCIOECONÓMICOS

El Aeropuerto Internacional de Cancún es la principal puerta de entrada al destino turístico más visitado de México. Cancún ha gozado de un acelerado crecimiento en las últimas dos décadas, como consecuencia de la decisión tomada por el gobierno de México de promover esta región como un destino turístico integralmente planeado..

De acuerdo con el Plan Maestro de Desarrollo 2014-2018 del Aeropuerto de Cancún, así como resultado de un incremento del 10.66% de pasajeros en el Aeropuerto de Cancún (ASUR, 2013) se requiere del diseño ejecutivo para hacerlo más seguro y satisfacer las actuales demandas de las operaciones del Aeropuerto.

Basados en estos requerimientos, ASUR ha desarrollado un diseño conceptual para cumplir con las normas de seguridad y las necesidades operativas requeridas por la normatividad vigente.

Bajo esa premisa se desarrolla la propuesta para el desarrollo de las superficies limitadoras de obstáculos.

3. CRITERIOS TÉCNICOS

Los criterios técnicos seleccionados se basan en los diferentes programas e instrumentos jurídicos que regulan la zona en la que se ubica el proyecto, y que permiten la realización del mismo, acorde a los parámetros y lineamientos establecidos en los mismos, tales como el Programa de Ordenamiento Ecológico Local del Municipio de Benito Juárez; Normas Oficiales Mexicanas; Leyes y Reglamentos aplicables y vigentes.

III. UBICACIÓN FÍSICA DEL PROYECTO Y PLANOS DE LOCALIZACIÓN

El Aeropuerto Internacional de Cancún se encuentra a 16 kilómetros al sur de la ciudad de Cancún y presta servicio a una región con una población de más de 1.0 millón de habitantes; se encuentra ubicado en la Carretera Cancún-Chetumal, Km. 22, Municipio de Benito Juárez, en el Estado de Quintana Roo; y cuenta con una superficie de 1,075-55-07.81 hectáreas.

Así mismo, es importante mencionar que el proyecto que se pretende realizar se ubica en seis fracciones de terreno o polígonos, distribuidos independientemente dentro del área concesionada al Aeropuerto, las

cuales presentan las siguientes superficies y coordenadas (el plano georreferenciado se presenta en la sección de anexos de éste capítulo):

POLÍGONO 1		
VÉRTICES	X	Y
1	511235.1453	2327036.4315
2	514231.4608	2325040.9133
3	514193.0954	2324983.3025
4	510822.2422	2327228.2632
5	510930.1832	2327390.3509
6	511138.8600	2327251.3738
7	511190.2426	2327069.9169
8	511236.7971	2327038.9120
9	511235.1453	2327036.4315
Superficie= 321,169.3603 m²		

POLÍGONO 2		
VÉRTICES	X	Y
1	510973.4195	2327455.2860
2	511264.7278	2327261.2771
3	511353.8610	2327395.1123
4	511062.5527	2327589.1213
5	510973.4195	2327455.2860
Superficie= 56,279.9696 m²		

POLÍGONO 3		
VÉRTICES	X	Y
1	514402.0315	2325369.2128
2	514373.9169	2325326.9981
3	514656.9021	2325138.5323
4	514685.0167	2325180.7470
5	514402.0315	2325369.2128
Superficie= 17,244.7907 m²		

POLÍGONO 4		
VÉRTICES	X	Y
1	512352.4900	2328479.6153
2	512301.1937	2328402.5578
3	512342.8092	2328374.8423
4	512394.0160	2328451.6525
5	512352.4900	2328479.6153
Superficie= 4,624.996 m²		

POLÍGONO 5		
VÉRTICES	X	Y
1	513773.9836	2327458.1419
2	513756.1073	2327431.3001
3	513799.6754	2327402.2841
4	513817.5518	2327429.1258
5	513773.9836	2327458.1419
Superficie= 1,688.1465 m²		

POLÍGONO 6		
VÉRTICES	X	Y
1	514865.3188	2326756.4533
2	514840.3253	2326718.9251
3	514885.3203	2326688.9589
4	514910.3137	2326726.4870
5	514865.3188	2326756.4533
Superficie= 2,437.5381 m²		

En la página siguiente se presenta el plano georreferenciado de los polígonos de aprovechamiento propuestos para la implementación del proyecto.

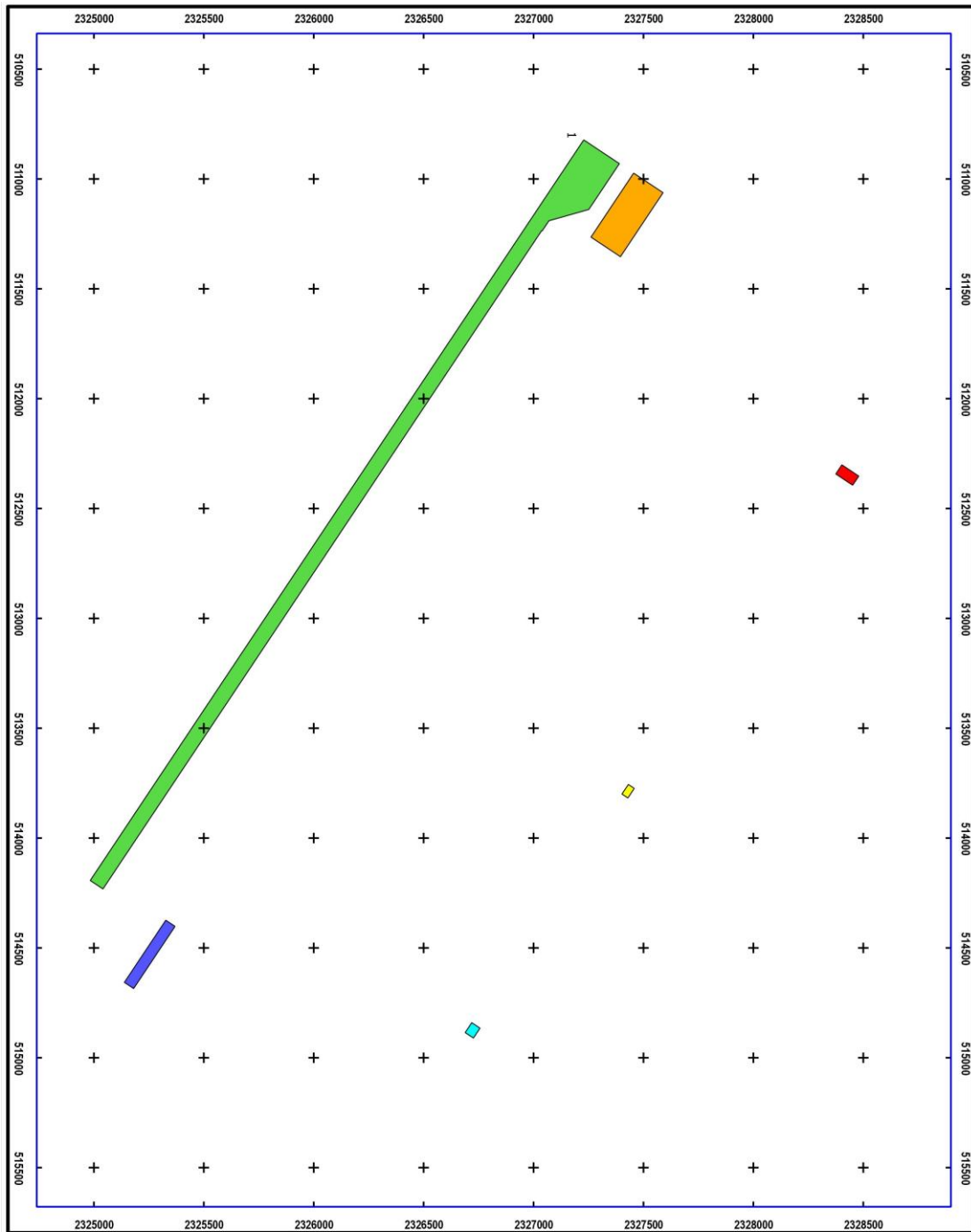
IV. INVERSIÓN REQUERIDA

La inversión para la construcción de las superficies limitadoras de obstáculos, es de \$8,377,000.00 (ocho millones, trescientos setenta y siete mil pesos 00/100 M.N.). La recuperación de la inversión realizada es de largo plazo y se recuperara de acuerdo con los estándares financieros para obras de infraestructura para comunicaciones.

V. DIMENSIONES DEL PROYECTO

El proyecto que se propone, implica el cambio de uso de suelo en una superficie de 403,444.80 m² (40.34 ha), distribuidos en seis polígonos como se indica a continuación:

SUPERFICIES LIMITADORAS DE OBSTÁCULOS	SUPERFICIE (m ²)	PORCENTAJE (%)
Polígono 1	321,169.3603	79.61
Polígono 2	56,279.9696	13.95
Polígono 3	17,244.7907	4.27
Polígono 4	4,624.996	1.15
Polígono 5	1,688.1465	0.42
Polígono 6	2,437.5381	0.60
TOTAL	403,444.80	100.00



<p>1:15990</p>	<p>SIMBOLOGIA</p> <p>SUPERFICIE DE CUSTIF= 403,444.80 m²</p> <p>POLIGONO 1= 56,279,9696 m²</p> <p>POLIGONO 2= 321,169,3803 m²</p> <p>POLIGONO 3= 1724,7907 m²</p> <p>POLIGONO 4= 4,624,9960 m²</p> <p>POLIGONO 5= 1,688,1465 m²</p> <p>POLIGONO 6= 2,437,5381 m²</p>	<p>DOCUMENTO TÉCNICO UNIFICADO, MODALIDAD B PARA EL CAMBIO DE USO DE SUELO EN TERRENOS FORESTALES</p> <p>PROYECTO: "SUPERFICIES LIMITADORAS DE OBSTÁCULOS DEL AEROPUERTO INTERNACIONAL DE CANCÚN"</p> <p>NOMBRE DEL PLANO: SUPERFICIE DE CUSTIF</p> <p>PROYECCIÓN: UTM DATUM: NAD83 ZONA: 18Q NORTE</p> <p>ELABORADO POR: ING. REMALDO MARTÍNEZ LÓPEZ</p> <p>AGOSTO DEL 2014</p>
----------------	--	--

VI. USO ACTUAL DEL SUELO Y/O CUERPOS DE AGUA EN EL SITIO DEL PROYECTO Y EN SUS COLINDANCIAS

En forma colindante al sitio del proyecto, es posible observar obras e instalaciones propias del Aeropuerto Internacional de Cancún, pues el proyecto que se propone en este estudio, forma parte de la seguridad con la que opera el mismo. Por lo tanto, el uso de suelo actual que existe en la zona de influencia inmediata al proyecto, es de tipo aeroportuario, tal como se menciona en los siguientes apartados.

1.1. Instalaciones existentes del Aeropuerto (Lado aire)

Con el fin de que las autoridades ambientales perciban de mejor manera la importancia socioeconómica y ambiental del Aeropuerto en el ámbito local, nacional e internacional, a continuación proporcionamos información que describe la infraestructura con que cuenta actualmente el Aeropuerto Internacional de Cancún.

A continuación se describen los elementos principales del Lado Aire: Pista, Calles de Rodaje, Torre de Control y las correspondientes Ayudas a la Navegación.

Pistas

En la actualidad, el Aeropuerto dispone de dos pistas de aterrizaje, separadas por una distancia entre sus ejes de 1,475 m, lo que permite la operación de aterrizajes y despegues simultáneos independientes. Cancún es el único aeropuerto de México con esta característica operativa. Los designadores de pista son; 12R-30L y 12L-30R. La segunda pista fue puesta en operación en el año 2009, con lo que se incrementó la capacidad operativa del sistema de pistas y rodajes a más de 76 operaciones por hora. Ambas pistas operan con vientos dominantes de los 120° (Este-sureste) entre el 85% y el 90% del año.

Cada una de las pistas mencionadas en el párrafo anterior cuenta con su propio VOR/DME lo que permite la operación segregada e independiente de ambas. Los designadores correspondientes son VOR CANCUN para la pista 12R-30L y VOR NICHUPTTE para la pista 12L-30R. Ambas pistas están en buenas condiciones.



Foto: pistas del Aeropuerto Internacional de Cancún

Rodajes

La pista 12R-30L tiene un rodaje “A” paralelo a la pista que sirve a las dos cabeceras. La distancia entre el eje de la pista y de esta calle de rodadura es de 180 metros. Así mismo, cuenta con cinco rodajes de salida de pista. La salida rápida “E” situada a 1,735 metros de la cabecera 12R, que por sus condiciones de ubicación permite la salida del 50% del total de las aeronaves. En 2011, se construyó un nuevo rodaje, “J”, ubicado a 90° con respecto al eje de la pista 12R-30L, a una distancia de 2,600 metros de la cabecera 30L y 900 metros de la cabecera 12R, el cual permite desfogar más rápidamente las aeronaves cuando operan en condiciones de vientos no dominantes.

La pista 12L-30R, se utiliza principalmente para aterrizajes en condiciones de viento dominante (operación por cabecera 12) y para despegues en condiciones de vientos no dominantes (operación por cabecera 30). Sólo cuenta con 2 rodajes ubicados en la cabecera 30: el primero es “H”, salida rápida localizada a 1,905 metros de la cabecera 12L y el segundo es el rodaje “G” que inicia al final de la cabecera 30R.

Los rodajes “G” y “H” se unen en el rodaje “F”, el cual orientado de NE a SW, une la pista 12L-30R con el rodaje “A” de la pista 12R-30L, permitiendo el acceso al sur de la estación hacia las plataformas del aeropuerto.

Plataforma Comercial

En total, las plataformas comerciales cuentan con 46 posiciones, de las cuales 30 son posiciones de contacto y 16 son posiciones remotas. El tamaño de las posiciones varía: algunas solamente pueden recibir aeronaves con un tamaño máximo de tipo C según OACI, mientras que otras pueden recibir hasta tipo F. Para maximizar la utilización y para ajustarse a los cambios en el tráfico y los tipos de aeronaves en el transcurso del día y de la temporada, algunas posiciones pueden juntarse para recibir ya sea una aeronave tipo E o dos aeronaves tipo C.

Plataformas con posiciones de contacto

Las plataformas comerciales contiguas a los edificios terminales están construidas en concreto hidráulico y asfalto, y contienen 30 posiciones de estacionamiento para aeronaves en configuración de “power in push back” (entrada por propulsión, salida por remolque). Del total de posiciones, 20 de ellas son asistidas por aeropasillos, nueve en T2 y once en T3. Diez son posiciones de contacto sin abordador mecánico, 7 en T1 y 3 en T2. Las plataformas disponen de una red de hidrantes con la que se proporciona servicio de combustible para todas las posiciones.

Posiciones remotas

Además de las posiciones de contacto al lado de los edificios terminales, el aeropuerto cuenta con 16 posiciones remotas en configuración de “power in push back”, incluyendo 6 posiciones ubicadas en la plataforma denominada “Remota Norte” (RN), la cual es usada para mantenimiento de aeronaves y/o como plataforma de emergencia. Estas posiciones también están construidas en concreto hidráulico y son equipadas con hidrantes de combustible, con excepción de las seis posiciones de la plataforma Remota Norte, la cual prevé el abastecimiento de combustible con auto tanque.

Aviación general y FBO

Se ubica al noreste del aeropuerto, quedando al este del rodaje “F”, frente a la Terminal 3, con su propio acceso desde la vialidad principal de acceso del aeropuerto. Está dotada de todos los servicios aeroportuarios, complementarios y comerciales necesarios para su operación, además de las oficinas de

la comandancia de la Dirección General de Aeronáutica Civil del aeropuerto, oficina de despacho de SENEAM, aduana, migración, y seguridad y vigilancia tanto del aeropuerto como de la policía federal y otras autoridades. Una zona reservada para las operaciones VIP gubernamentales se integra en la plataforma de aviación general.

Torre de Control de Tránsito Aéreo

La torre de control de tránsito aéreo está situada en el área pública, lado tierra, del aeropuerto frente a la Terminal 2 y junto al edificio de oficinas del Aeropuerto de Cancun, dicha instalación está bajo el resguardo y operación de Servicios a la Navegación Aérea en el espacio mexicano, organismo responsable del control de las aeronaves en el territorio nacional.



Foto: pistas del Aeropuerto Internacional de Cancún

1.2. Instalaciones existentes del Aeropuerto (Lado tierra)

Edificios terminales

El área terminal del Aeropuerto consiste en un complejo de tres terminales: la Terminal 1, la Terminal 2 y la Terminal 3, más un edificio para aviación general y FBO. La siguiente sección ofrece una explicación de cada terminal con una breve descripción de cada área interna.

Terminal 1

La Terminal 1 del Aeropuerto Internacional de Cancún está localizada aproximadamente 500 metros al noroeste de la Terminal 2. El edificio se encuentra perpendicular a la pista y a la Terminal 2. La Terminal fue inaugurada en el año 1996 y fue seriamente dañada por el paso del Huracán Wilma en Octubre del 2005, quedando fuera de servicio, la reconstrucción de la terminal se realizó por etapas hasta su conclusión.

La Terminal 1 es un edificio de tres niveles. Todas las áreas públicas y la mayoría de las no públicas se encuentran en recinto cerrado y cuentan con aire acondicionado.

El primer nivel de la Terminal 1 se divide en dos secciones. La sección sur del edificio tiene dos áreas para documentación de pasajeros de salida. Esta sección representa aproximadamente un tercio de la longitud

total del edificio. La sección norte proporciona servicios de llegada como reclamo de equipaje, migración e inspección de aduana y mostradores para arrendadoras de automóviles.

El segundo nivel incluye salas de espera para pasajeros de salida y diversas oficinas administrativas. El piso se divide en dos secciones, la norte colocada a un nivel más alto que la sección sur. La subdivisión de estas secciones coincide con los servicios de llegadas y salidas del nivel inferior. Las oficinas administrativas y algunos cuartos de equipo mecánico ocupan la mayoría del espacio dentro de las porciones traslapadas de estas secciones.

Los flujos de pasajeros están distribuidos en dos corredores cubiertos a lo largo de la parte frontal de la Terminal 1 y aproximadamente a 75 metros al sur de la misma, para así extenderse fuera de la estructura principal. Tanto la planta baja como la planta alta de cada corredor se utilizan para los flujos de pasajeros de llegada y salida. Las estructuras de rampas de peatones se encuentran a la entrada de cada puerta para facilitar el flujo de pasajeros de las plataformas.



Foto: Terminal 1

Terminal 2

La Terminal 2 consiste en dos componentes integrados, el edificio principal y el edificio satélite. El edificio principal es de forma rectangular y es el que proporciona el ingreso y salida a todos los pasajeros que utilizan la T2, desde y hacia las vialidades y andenes de transporte terrestre. Está compuesto de dos niveles

El primer nivel proporciona espacio para todos los procesos y servicios de pasajeros en salidas nacionales e internacionales. En el segundo nivel están ubicados los salones VIP de las aerolíneas, áreas administrativas del aeropuerto, además de oficinas de aerolíneas. Las áreas de mostradores de documentación operan bajo la modalidad de "Uso Común", no existiendo mostradores dedicados a una línea aérea en lo específico.

El edificio satélite de la Terminal 2 en forma de polígono, también de dos niveles, está destinado principalmente para el manejo de pasajeros internacionales, pero opera regularmente vuelos nacionales también. El segundo nivel contiene salas de última espera para pasajeros de salida. El primer nivel se utiliza para el procesamiento de pasajeros internacionales de llegada, reclamo de equipaje y servicios de migración y aduana.



Foto: Terminal 2

Terminal 3

Esta Terminal está localizada al este de la Terminal 2 y tiene una planta en forma de “C”, con dos laterales hacia el lado aire. El edificio cuenta con tres niveles (planta baja, planta alta y planta mezzanine). Esta Terminal ha sido diseñada con el objetivo de procesar sólo pasajeros internacionales.

La Terminal está equipada con 11 aeropasillos móviles (apron drive) y cumple con las recomendaciones de OACI en cuanto a la segregación de los flujos de llegada y salida (completamente separados). La Terminal también opera con cinco salas de embarque remotas, para servir a cualquiera de las posiciones remotas existentes en plataforma (con transporte de pasajeros mediante aerocares).

El área de salidas y llegadas se encuentra en la planta baja, hacia el norte (lado tierra), con arribos al este y salidas al oeste del edificio. En el sector noroeste del edificio Terminal se localizan la sala de documentación y el vestíbulo de llegadas. En el sector sureste de este nivel se encuentran todas las áreas de llegadas, incluyendo migración, reclamo de equipaje y controles de aduana. El sector opuesto alberga el bloque técnico, con áreas mecánicas y áreas de aerolíneas. La planta mezzanine consiste en un pasillo estéril de llegada, con acceso vía puentes de abordaje, desde los aeropasillos y las aeronaves.

En el nivel superior, en el sector noreste, se encuentran los filtros de seguridad. El centro de la Terminal tiene un gran salón rodeado de salas de última espera. La sección oeste de este nivel solamente alberga salas de última espera. Como la Terminal 2, esta Terminal alimenta el edificio HBS para la inspección y manejo de equipaje facturado.



Foto: Terminal 3

Por otra parte, resulta importante mencionar que en el predio del proyecto y en sus colindancias, no se registraron cuerpos de agua superficiales de ningún tipo.

VII. URBANIZACIÓN DEL ÁREA Y DESCRIPCIÓN DE SERVICIOS REQUERIDOS

1. VÍAS DE ACCESO

Actualmente, 2 vialidades ofrecen acceso al Aeropuerto:

- ▶ El Boulevard Luis Donaldo Colosio, en el eje norte-sur, ofrece acceso de la ciudad de Cancún ubicada al norte del Aeropuerto a las ciudades de Puerto Morelos y Playa del Carmen ubicadas al sur del Aeropuerto, a 21 kilómetros y 53 kilómetros, respectivamente.
- ▶ El Boulevard Kukulcán, en el eje este-oeste, ofrece acceso al Aeropuerto de la zona hotelera de Cancún ubicada al este del mismo.

Ambos bulevares interceptan en el distribuidor de tráfico ubicado en la esquina noreste del límite del Aeropuerto y ofrecen acceso al Boulevard Central del Aeropuerto.

2. VIALIDADES, CIRCULACIÓN Y ÁREAS DE ESTACIONAMIENTO DEL AEROPUERTO

El aeropuerto cuenta con un sistema de vialidades para lograr circuitos de un solo sentido con el fin de evitar cruces que tiene como propósito la integración de la nueva Terminal 3 que entró en operación en mayo de 2007. Dicho sistema se genera a partir del boulevard de acceso al Aeropuerto, con dos cuerpos, de dos carriles cada uno, separados por un camellón de 2 metros de ancho.

Esta vialidad distribuye los flujos del aeropuerto, por medio de circuitos. Las vialidades distribuyen el tránsito principalmente para dar acceso a los tres edificios terminales y distribuye el tránsito a los accesos de otras instalaciones con un desarrollo total de 6.5 Km.

3. CUERPO DE RESCATE Y EXTINCIÓN DE INCENDIOS (CREI)

El aeropuerto cuenta con un Cuerpo de Rescate y Extinción de Incendios (CREI) de Categoría IX según la OACI. Las instalaciones del CREI comprenden dos estaciones: la principal, que se ubica entre las Terminales 2 y 3, y una estación satélite junto a la Pista 12L-30R. Desde ambas estaciones, los vehículos de emergencia tienen acceso directo a las terminales, a las plataformas para aeronaves y a todo el campo aéreo. El aeropuerto también tiene una zona de entrenamiento para el CREI con diferentes modelos a escala real para las prácticas, además de equipo para la recuperación de aeronaves.

El Cuerpo de Rescate y Extinción de Incendios (CREI) consta de dos estaciones, la principal se encuentra situado entre la T2 y el centro de equipaje documentado, al noreste de la pista 12R-30L y consta de una zona para el personal de servicio y la correspondiente para vehículos y almacén, la estación secundaria se encuentra al suroeste de la pista 12L-30R, con las mismas facilidades de la principal, y conectada por este por medio de telefonía, radiocomunicación y sistema de alarma.

El tiempo de respuesta es de 3 minutos máximo y tiene categoría OACI IX en cuanto a protección contra incendios. La Tabla 2.10 muestra las unidades de extinción.

Así mismo, el CREI cuenta con equipo de apoyo adicional que cubre diferentes funciones, que van desde una unidad “Puesto de Mando”, de despliegue rápido, equipada con todos los sistemas de comunicación de radio y telefonía móvil, así como de enlace de datos a los sistemas operativos del aeropuerto, cámara de CCTV independiente, planta de emergencia, suministro de energía de 12 volts y 120 volts, para establecer el mando móvil durante una emergencia y garantizar su comunicación con el COE y la aplicación de las tácticas y control en sitio de una emergencia, como 2 ambulancias tipo 2, para traslado de heridos y enfermos, como un tráiler para el transporte del equipo de “Triage” para desastres, una cisterna de 10000 l con motobomba de gasolina que le permite combatir incendios con doble agente.



Fotos: Cuerpo de Rescate y Extinción T 2 y CREI Satélite

4. PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES

Para el tratamiento de aguas residuales el Aeropuerto cuenta con cuatro plantas, las cuales se encuentran distribuidas de la siguiente manera:

Plantas Aeróbicas

La planta de Tratamiento de Aguas Residuales de la Terminal 1 y 2: se encuentra ubicada al suroeste de la Planta de Almacenamiento de Combustible (ASA) está diseñada para tratar un caudal de hasta 8.5 litros por segundo, es una planta de tipo aerobio, convencional con aireación extendida. El proceso está diseñado en cuatro módulos:

1. Pretratamiento
2. Tratamiento aeróbico
3. Desinfección
4. Disposición y Efluente

La planta de Tratamiento de Aguas Residuales Terminal 3 se encuentra ubicada al sureste de las instalaciones del campo aéreo, está diseñada para tratar un caudal de hasta 8.5 litros por segundo, es una planta de tipo aerobio, convencional con aireación extendida. El proceso está diseñado en cuatro módulos:

1. Pretratamiento
2. Tratamiento aeróbico
3. Desinfección
4. Disposición y Efluente

Plantas de tratamiento (Paquete)

El Aeropuerto Internacional de Cancún para aquellas instalaciones donde por la distancia no llega la red de drenaje, tiene instaladas plantas tipo paquete que permite tratar las aguas residuales, las plantas con las que cuenta son las siguientes:

Planta de Tratamiento de Aguas Residuales Edificio Administrativo de ASUR, está diseñada para tratar un caudal 0.5 litros por segundo, es una planta de tipo paquete aerobio.

Planta de tratamiento de Aguas Residuales Área de Servicios Complementarios: está diseñada para tratar un caudal 0.5 litros por segundo, es una planta de tipo paquete aerobio.

Planta de tratamiento de Aguas Residuales CREI SATÉLITE: está diseñada para tratar un caudal 0.5 litros por segundo, es una planta de tipo paquete aerobio.

Para el tratamiento de las aguas residuales provenientes de los sanitarios de las aeronaves (aguas azules) en la planta de tratamiento de Terminal 2, se cuenta con un sistema de pre tratamiento (cárcamo) por medio de dilución a base de agua, con el cual se reduce la agresividad de los productos químicos al sistema de tratamiento biológico.

5. SUMINISTRO DE AGUA

El Aeropuerto obtiene agua para cada una de sus terminales (1, 2, 3 y Aviación General) de diferentes fuentes.

Terminal 1 proviene de pozo y se deposita en cisterna con una capacidad de 60 m³, de donde es extraída y distribuida mediante un sistema hidroneumático.

Terminal 2 proviene de pozo y se deposita en cisterna con una capacidad de 100 m³ de donde es extraída y tratada a través de procesos físicos y químicos para dar la calidad de uso en servicios distribuyéndola mediante la utilización de sistema hidroneumático.

Al igual que la Terminal 2, en la Terminal 3 se extrae agua de dos pozos. El agua extraída es depositada en una cisterna para agua cruda con capacidad de 100 m³, de esta cisterna se pasa a otra también de 100 m³ de capacidad pero con un pre-tratamiento de filtrado y suavizado. En su última fase de tratamiento, pasa por un filtro de carbón activado antes de ser depositada en una cisterna más pero de 500 m³. Así mismo la terminal 3, se extrae agua salobre de cuatro pozos para la operación los equipos intercambiadores de calor (Chillers) para generar el aire acondicionado del edificio. Aviación General obtiene agua de un pozo del cual se envía a una cisterna, desde donde se distribuye a los servicios del edificio.

Cada una de las terminales cuenta con un título de concesión para el uso y aprovechamiento y descarga de aguas, emitido y autorizado por la Comisión Nacional del Agua.

6. SUBESTACIONES ELÉCTRICAS

El aeropuerto cuenta con trece subestaciones eléctricas de conmutación inmediata que suministran energía en caso de fallo de la energía comercial suministrada por la Comisión Federal de Electricidad, con capacidad para abastecer a todo el aeropuerto y las terminales.

VIII. VIDA ÚTIL DEL PROYECTO

Se estima que el proyecto tendrá una vida útil de 80 años; desde la remoción de la vegetación, hasta la operación del uso de suelo al que estará destinado el terreno forestal.

IX. PROGRAMA DE TRABAJO

El tiempo requerido para la realización del proyecto se ha planeado en un periodo de 12 meses, a partir de los cuales se inicia la etapa de operación cuya duración será de 79 años; con ciclos anuales o semestrales que permitan mantener sin vegetación la franja de seguridad.

A continuación se presenta el programa general de trabajo para la implementación del proyecto.

PROGRAMA DE TRABAJO																													
ACTIVIDADES PROYECTADAS	CONSTRUCCIÓN (MESES)												OPERACIÓN (AÑOS)																
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	...	79							
PRELIMINARES	■	■																											
DESMONTE			■	■	■																								
ASTILLADO					■	■	■																						
CARGA, Y ACARREO DEL ASTILLADO						■	■	■																					
CONFORMACION DEL TERRENO NATURAL								■	■	■																			
LIMPIEZA										■	■	■																	
MANTENIMIENTO														■	■	■	■	■	■	■	■	■	■						

X. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO CONSTRUCTIVO

1. AVISO DE INICIO DE ACTIVIDADES

Se dará aviso a las autoridades ambientales del inicio de las actividades del área sujeta al cambio de uso de suelo contemplado para el desarrollo del proyecto.

2. TRAZO Y DELIMITACIÓN DE LAS ÁREAS DE APROVECHAMIENTO (PRELIMINARES)

Se efectuará el trazo, delimitación y marcaje de las áreas destinadas a desmontar a través del método de levantamiento directo denominado Geodésico o Topográfico, el cual consiste en el levantamiento geodésico y/o topográfico que comprende una serie de medidas efectuadas en campo, cuyo propósito final es determinar las coordenadas geográficas o geodésicas de puntos situados sobre la superficie terrestre.

Esta actividad implica la medición con apoyo en satélites, mediante un Sistema de Posicionamiento Global (GPS) y procedimientos tradicionales tales como: poligonación, triangulación, trilateración, radiación o la combinación de éstos con equipos de medición de alta precisión. El levantamiento topográfico se sujetará a las normas técnicas emitidas por el Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática para levantamientos geodésicos.

3. RESCATE DE FLORA Y FAUNA SILVESTRE (PRELIMINARES)

Se procederá al rescate manual de los individuos de flora silvestre dentro del área sujeta al cambio de uso de suelo. Se priorizará la extracción de plántulas y juveniles sanos y vigorosos, así como la recolección de semillas, con énfasis en las especies incluidas en la Norma Oficial Mexicana **NOM-059-SEMARNAT-2010**, de acuerdo con el programa de rescate de vegetación.

Una vez concluido el rescate de vegetación, o durante el mismo, se procederá a recorrer el área para ahuyentar a la fauna presente o identificar a los individuos de lento desplazamiento, los cuales deberán rescatarse y ser llevados a las áreas con vegetación natural no sujetas a CUSTF; así como la revisión de oquedades y nidos de árboles, para ahuyentar y rescatar aves, y trasladarlas a las superficies donde no se realizará el desmonte.

4. VIVERO RÚSTICO PROVISIONAL (PRELIMINARES)

Para acopiar y resguardar las plantas provenientes de las áreas que se pretenden desmontar, se establecerá un vivero rústico provisional. En este sitio se realizará también el acopio del material triturado que se obtenga de las áreas de desmonte para ser reutilizados en las superficies limitadoras de obstáculos. Para la operación y mantenimiento del vivero, se estima el empleo de seis personas que laboraran en el mismo de manera permanente hasta concluir las actividades de cambio de uso de suelo.

5. DESMONTE DEL SITIO

El desmonte de la vegetación se realizará una vez que sean liberadas las áreas por el personal encargado de realizar el rescate de flora y fauna silvestre. Hay que considerar que el desmonte se realizará en forma gradual, lo que permitirá ajustar el desplante para evitar afectaciones directas a la flora y fauna silvestre.

Previo al desmonte, se identificarán los árboles que serán respetados y que no interfieran con el proyecto, tomando las provisiones necesarias para no dañarlos.

El desmonte se realizará con la ayuda de herramientas mecánicas y manuales como motosierra, hacha y machete, así como el empleo de maquinaria que se indica a continuación:

CANTIDAD	EQUIPO	MARCA
2	Tractor	John Deere
2	Tractores	Komatsu 155
3	Astilladoras	Tipo DC1000 VERMEER
2	Camiones de volteo	-

Esta actividad implica el siguiente proceso:

- ▶ Corte o talado de individuos de porte arbustivo y altura considerable (árboles), por una sección próxima al suelo (entre 10 y 20 cm). Esta operación se ejecuta por medio de motosierra.
- ▶ Separación del fuste y el follaje. Se ejecuta por medio de motosierras.
- ▶ Acopio de los fustes con el uso de maquinaria con tractores.
- ▶ Desbroce a través de la separación de los brazos del follaje y se ejecuta por medio de motosierras.
- ▶ Retiro de tocones y raíces con el uso de maquinaria, retroexcavadoras.

Esta actividad se realizara hasta retirar la capa en la cual se encuentran las raíces de los árboles y arbustos existentes. Los productos vegetales de menor tamaño obtenidos de esta actividad serán esparcidos en el área a fin de que se reincorporen al suelo.

6. ASTILLADO, CARGA Y ACARREO

Consistirá en retirar los residuos generados como producto del desmonte; la materia vegetal transformada en partículas pequeñas con ayuda de las astilladoras, será transportado con camiones de volteo a una área de acopio localizada dentro del área concesionada al aeropuerto de Cancún, esto con el fin de ser reincorporadas al suelo posteriormente.

Los troncos y materia vegetal de mayor tamaño serán pasados por la astilladora para reducir su tamaño y posteriormente ser reincorporados al suelo. Cabe mencionar que las astilladoras serán trasladadas a lugares cercanos a las zonas donde se estén realizando las actividades de desmonte.

7. CONFORMACIÓN DEL TERRENO NATURAL

Una vez que se realizan las actividades de desmonte y astillado, y con apoyo de tractores, se irá extendiendo la capa vegetal resultante del desmonte y la eliminación de obstáculos fuera de un ángulo de 14.3% de la pendiente respecto a la horizontal y a partir del fin de las franjas de seguridad.

XI. OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO

En esta etapa se llevarán a cabo actividades tendientes a mantener libres de obstrucciones las áreas laterales de la pista en un ángulo de 14.3% de la pendiente respecto a la horizontal; es decir se controlará el crecimiento de la vegetación.

El mantenimiento al área utilizada en el proyecto consistente en el control de la maleza. Esta actividad consiste en realizar inspecciones periódicas para garantizar que el área del proyecto correspondiente a la zona de transición de la pista de aterrizaje y despegue del Aeropuerto Internacional de Cancún; estén libres de obstáculos principalmente por el crecimiento de la maleza, si se detecta su crecimiento en la zona de transición, será removida. Esta actividad se realizara cuando sea necesaria de acuerdo con las inspecciones que se realicen, proponiéndose ciclos anuales, semestrales o trimestrales y se realizara con el apoyo de un tractor para el chapeo de la maleza.

XII. ETAPA DE ABANDONO DEL SITIO

Al término de la vida útil del proyecto, el promovente someterá a consideración de esta H. Autoridad, el programa de abandono del proyecto y en su caso, de restauración del sitio.

XIII. OBRAS PROVISIONALES O ASOCIADAS AL PROYECTO

No se tiene contemplado obras de infraestructura de apoyo para los trabajos de construcción. Únicamente se instalarán sanitarios móviles a razón de 1 por cada 10 trabajadores, para el servicio personal de los mismos.

No se tiene contemplado obras asociadas al proyecto.

XIV. PERSONAL REQUERIDO PARA EL PROYECTO

TIPO DE EMPLEO	DE TRABAJADORES POR ETAPA DEL PROYECTO					
	PRELIMINARES		CONSTRUCCIÓN		OPERACIÓN	
	Temporal	Permanente	Temporal	Permanente	Temporal	Permanente
Supervisor ambiental	1	0	1	0	0	0
Viveristas	6	0	6	0	0	0
Jornaleros/obreros	30	0	0	0	0	0
Supervisor de obra	1	0	2	0	0	0
Operadores	0	0	9	0	0	0
Personal de mantenimiento	0	0	0	0	0	9
Personal de limpieza	0	0	0	0	0	10
TOTALES	38	0	18	0	0	19

De acuerdo con los datos de la tabla anterior, el proyecto generará 75 empleos, de los cuales 56 serán de carácter temporal y 19 de tipo permanente; 38 serán generados en las etapas preliminares; 18 en la etapa constructiva; y 19 en la etapa operativa. Todos los empleos de las etapas preliminares y constructivas serán temporales, mientras que aquellos que se espera generar en la etapa operativa serán permanentes.

XV. UTILIZACIÓN DE EXPLOSIVOS

No se requiere el uso de explosivos en ninguna etapa del proyecto.

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

Material vegetal

Trituración de la materia orgánica para utilización en la conservación de suelos, la cual se depositará en los mismos polígonos de aprovechamiento.

Aguas residuales

Es necesario mencionar que el manejo de las aguas residuales correrá a cargo de la empresa arrendadora de los sanitarios móviles, quien se encargará de su retiro del sitio y posterior manejo y disposición final.

Residuos sólidos urbanos

Se espera generar residuos sólidos urbanos, como papel y plástico principalmente, debido a la presencia de trabajadores en la zona, por lo que se instalarán contenedores para el almacenamiento temporal de dichos residuos. Posteriormente dichos contenedores serán trasladados a las instalaciones del aeropuerto internacional de Cancún, desde donde serán retirados por el servicio municipal de recolección.

XVII. DELIMITACIÓN DE LA SUPERFICIE DE CAMBIO DE USO DE SUELO

La superficie de cambio de uso de suelo que se propone para el proyecto, es del 100%, es decir, se pretende aprovechar la superficie total de los seis polígonos que se someten a evaluación, las cuales se ubican dentro de la superficie concesionada al Aeropuerto Internacional de Cancún. En este sentido, concluimos que la superficie de CUSTF propuesta es de 403,444.80 m² (40.34 ha), los cuales han sido descritos en el apartado "V" y en el plano de la página 4 del presente capítulo.

VINCULACIÓN CON LOS ORDENAMIENTOS JURÍDICOS APLICABLES EN MATERIA
AMBIENTAL Y EN SU CASO, CON LA REGULARIZACIÓN DE USO DE SUELO

CAPÍTULO IV

PROYECTO:

**SUPERFICIES LIMITADORAS DE
OBSTÁCULOS DEL AEROPUERTO
INTERNACIONAL DE CANCÚN”**



PROMUEVE: AEROPUERTO DE CANCÚN, S. A. DE C. V.



SEPTIEMBRE DEL 2014

De la información recabada en los diversos capítulos que integran el presente estudio, se desprende que el cambio de uso de suelo afectará vegetación de Selva mediana subperennifolia, fuera de la zona costera del Estado de Quintana Roo, y sin la presencia de ecosistemas frágiles o excepcionales como los manglares, matorrales costeros y dunas costeras. Por lo tanto y en virtud de lo anterior, le son aplicables diversos preceptos legales contenidos en la LGEEPA, en su Reglamento en Materia de Evaluación del Impacto Ambiental; en la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable y su Reglamento; y en el Programa de Desarrollo Urbano del Centro de Población Playa del Carmen, tal como se indica a continuación.

I. LEY GENERAL DEL EQUILIBRIO ECOLÓGICO Y LA PROTECCIÓN AL AMBIENTE

En apego a lo dispuesto por la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA) en su Artículo 28, fracciones I y VII; que indican que las vías generales de comunicación y los cambios de uso del suelo de áreas forestales, así como en selvas y zonas áridas, deberán ser sometidos al Procedimiento de Evaluación del Impacto Ambiental ante la autoridad ambiental correspondiente; es que se somete ante la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, quien es la autoridad competente en la materia, el presente Documento Técnico Unificado, en su modalidad B, para que sea evaluado de conformidad con lo dispuesto por los Artículos 35 y 35 BIS de la LGEEPA; solicitando la autorización para el cambio de uso de suelo propuesto.

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

En apego a lo dispuesto por el Reglamento de la LGEEPA en materia de Evaluación del Impacto Ambiental, en su Artículo 5, incisos B) y O), que indican que los aeropuertos y el cambio de uso del suelo para vías generales de comunicación o para el establecimiento de instalaciones comerciales o de servicios en predios con vegetación forestal, deberán ser sometidos al Procedimiento de Evaluación del Impacto Ambiental ante la autoridad ambiental competente.

Por lo anterior se somete ante la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, quien es la autoridad competente en la materia, el presente Documento Técnico Unificado, en su modalidad B, para que sea evaluado de conformidad con lo dispuesto por el artículo 49 del instrumento normativo en cita; solicitando la autorización para el cambio de uso del suelo en áreas forestales.

III. LEY GENERAL DE DESARROLLO FORESTAL SUSTENTABLE

La Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable, en su Artículo 117 establece que la Secretaría sólo 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 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. Estos estudios se deberán considerar en conjunto y no de manera aislada.

No se podrá otorgar autorización de cambio de uso de suelo en un terreno incendiado sin que hayan pasado 20 años, a menos que se acredite fehacientemente a la Secretaría que el ecosistema se ha

regenerado totalmente, mediante los mecanismos que para tal efecto se establezcan en el reglamento correspondiente.

Las autorizaciones que se emitan deberán integrar un programa de rescate y reubicación de especies de la vegetación forestal afectadas y su adaptación al nuevo hábitat. Dichas autorizaciones deberán atender lo que, en su caso, dispongan los programas de ordenamiento ecológico correspondiente, las normas oficiales mexicanas y demás disposiciones legales y reglamentarias aplicables.

Al respecto es importante mencionar que el presente Documento Técnico Unificado integra los estudios técnicos justificativos que demuestran 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 proponen son más productivos a largo plazo; así mismo, cabe mencionar que el terreno forestal que será afectado con el cambio de uso de suelo, no corresponde a un terreno incendiado, puesto que la vegetación no presenta indicios de éste tipo de afectaciones. Y por último, se deja de manifiesto que entre las medidas preventivas y de mitigación a los impactos ambientales que generará el proyecto, se considera la ejecución de un programa de rescate y reubicación de especies de la vegetación forestal que será afectada y su adaptación al nuevo hábitat; con lo que se da cumplimiento a lo estipulado en el artículo 117 de la Ley en comento.

IV. REGLAMENTO DE LA LEY GENERAL DE DESARROLLO FORESTAL SUSTENTABLE

Este reglamento señala en su artículo 121 que los estudios técnicos justificativos a que hace referencia el artículo 117 de la Ley, deberán contener la información siguiente:

- I. Usos que se pretendan dar al terreno;*
- II. Ubicación y superficie del predio o conjunto de predios, así como la delimitación de la porción en que se pretenda realizar el cambio de uso del suelo en los terrenos forestales, a través de planos georeferenciados;*
- III. Descripción de los elementos físicos y biológicos de la cuenca hidrológico-forestal en donde se ubique el predio;*
- IV. Descripción de las condiciones del predio que incluya los fines a que esté destinado, clima, tipos de suelo, pendiente media, relieve, hidrografía y tipos de vegetación y de fauna;*
- V. Estimación del volumen por especie de las materias primas forestales derivadas del cambio de uso del suelo;*
- VI. Plazo y forma de ejecución del cambio de uso del suelo;*
- VII. Vegetación que deba respetarse o establecerse para proteger las tierras frágiles;*
- VIII. Medidas de prevención y mitigación de impactos sobre los recursos forestales, la flora y fauna silvestres, aplicables durante las distintas etapas de desarrollo del cambio de uso del suelo;*
- IX. Servicios ambientales que pudieran ponerse en riesgo por el cambio de uso del suelo propuesto;*
- X. Justificación técnica, económica y social que motive la autorización excepcional del cambio de uso del suelo;*
- XI. Datos de inscripción en el Registro de la persona que haya formulado el estudio y, en su caso, del responsable de dirigir la ejecución;*
- XII. Aplicación de los criterios establecidos en los programas de ordenamiento ecológico del territorio en sus diferentes categorías;*
- XIII. Estimación económica de los recursos biológicos forestales del área sujeta al cambio de uso de suelo;*
- XIV. Estimación del costo de las actividades de restauración con motivo del cambio de uso del suelo, y*
- XV. En su caso, los demás requisitos que especifiquen las disposiciones aplicables.*

El presente Documento Técnico Unificado contiene todas las fracciones señaladas por el artículo 121 del Reglamento de la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable, por lo que se da cumplimiento al mismo.

V. 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

Éste Acuerdo establece que el 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.

Así mismo, en su Artículo Séptimo establece que el documento técnico unificado correspondiente al trámite unificado de cambio de uso de suelo forestal, **modalidad B**, contendrá la información que prevén los artículos 12 y 13 del Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en materia de Evaluación del Impacto Ambiental, según corresponda, así como la indicada en el artículo 121, fracciones V, IX, X, XI, XIII y XIV, del Reglamento de la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable.

En apego a lo establecido en dicho Acuerdo es que se presenta este Documento Técnico Unificado, el cual contiene la información solicitada en el Artículo Sexto antes citado, con lo que se da cabal cumplimiento al mismo 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, el proyecto propuesto.

VI. PROGRAMA DE ORDENAMIENTO ECOLÓGICO LOCAL DEL MUNICIPIO DE BENITO JUÁREZ

De acuerdo con el Decreto mediante el cual se modifica el Programa de Ordenamiento Ecológico Local del Municipio de Benito Juárez, Quintana Roo, publicado en el Periódico Oficial del Gobierno del Estado de Quintana Roo, el 27 de febrero del 2014; las seis fracciones de terreno del área concesionada que se someten a evaluación, se ubican dentro de la UGA 21 "Zona urbana de Cancún", cuyos lineamientos se citan a continuación.

Política ambiental: **Aprovechamiento sustentable.**

Umbral máximo de desmonte (en %) para la UGA: **Según lo establecido en el PDU.**

Usos compatibles: **Los que se establezcan en su Programa de Desarrollo Urbano Vigente.**

Usos incompatibles: **Los que se establezcan en su Programa de Desarrollo Urbano Vigente.**

En cuanto al uso de suelo compatible establecido para la UGA en comento, es importante destacar que el Programa de Desarrollo Urbano del Centro de Población de la Ciudad de Cancún, Quintana Roo, publicado en el Periódico Oficial del Gobierno del Estado de Quintana Roo, el 26 de septiembre del 2013, es el que establece usos de suelo para el Aeropuerto de Cancún; sin embargo, dicho instrumento normativo ha sido derogado según consta en el Cuarto punto del orden del día de la Tercera Sesión Extraordinaria del H. Cabildo del Municipio de Benito Juárez, publicado en el Periódico Oficial del Gobierno del Estado de Quintana Roo, el 27 de febrero del 2014, el cual cita textualmente lo siguiente:

PUNTOS DE ACUERDO

PRIMERO.- Por contravenir disposiciones legales, se revocan y se dejan sin efecto legal alguno, los acuerdos aprobados en el Décimo Punto del Orden del día de la Cuadragésima Octava Sesión Extraordinaria de carácter Privada, de fecha dos de agosto del año dos mil trece, así como los relativos al desahogo del QUINTO punto del Orden del Día, de la Cuadragésima Novena Sesión Extraordinaria, de fecha cinco de septiembre del dos mil trece, ambas del Honorable Ayuntamiento Constitucional del Municipio de Benito Juárez, Quintana Roo, 2011-2013.

SEGUNDO.- En consecuencia y para todos los efectos legales que así correspondan, este Honorable Ayuntamiento ratifica en sus términos todos y cada de los programas y planes de desarrollo urbano vigentes hasta antes de la celebración de la Cuadragésima Novena Sesión Extraordinaria del H. Ayuntamiento de Benito Juárez, 2011-2013, de fecha 5 de septiembre de 2013.

En el tenor de lo expuesto anteriormente, podemos asumir que el Programa de Desarrollo Urbano del centro de población de la ciudad de Cancún (actualización 2005), es el vigente y en consecuencia es aquel que debe establecer los usos de suelo compatibles para el proyecto en cuestión; sin embargo, tal caso no ocurre, pues el ámbito de competencia y regulación de este instrumento normativo, no incluye el Aeropuerto Internacional de Cancún; y en consecuencia no es posible determinar los usos de suelo aplicables al proyecto, con base en éste instrumento normativo. En ese mismo orden de ideas, cabe destacar que no existe ningún instrumento normativo de carácter urbano, cuyo campo de aplicación incluya el Aeropuerto Internacional de Cancún.

No obstante lo anterior, es importante mencionar que el proyecto que se propone consiste en la construcción de las superficies limitadoras de obstáculos del Aeropuerto Internacional de Cancún, y por lo tanto, es acorde al uso de suelo que existe actualmente en el predio del proyecto, por lo que es compatible con el mismo, aún cuando no está determinado por un Programa de Desarrollo Urbano vigente.

Por otra parte, cabe señalar que los criterios de regulación ecológica establecidos para el Programa de Ordenamiento Ecológico Local del Municipio Benito Juárez han sido organizados en dos grupos:

- ▶ Los Criterios Ecológicos de aplicación general, que son de observancia en todo el territorio municipal de Benito Juárez, independientemente de la unidad de gestión ambiental en la que se ubique el proyecto o actividad.
- ▶ Los Criterios Ecológicos de aplicación específica, que son los criterios asignados a una unidad de gestión ambiental determinada.

Considerando lo anterior, a continuación se presenta un análisis con respecto a la congruencia del proyecto con los criterios generales y específicos, aplicables a la UGA 21 en la que se circunscribe el predio de interés.

1. CRITERIOS GENERALES

CRITERIO	DESCRIPCIÓN
CG-01	<i>En el tratamiento de plagas y enfermedades de plantas en cultivo, jardines, áreas de reforestación y de manejo de la vegetación nativa deben emplearse productos que afecten específicamente la plaga o enfermedad que se desea controlar, así como los fertilizantes que sean preferentemente orgánicos y que estén publicados en el catálogo vigente por la Comisión Intersecretarial para el Control del Proceso y Uso de Plaguicidas, Fertilizantes y Sustancias Tóxicas (CICOPLAFEST).</i>

- **Vinculación con el proyecto:**

El proyecto no contempla la construcción de jardines, áreas de reforestación, ni plantas en cultivos. El manejo que se pretende dar a la vegetación nativa, consiste en el corte y eliminación de la maleza que crezca dentro de las superficies limitadoras de obstáculos, actividad que no implica el uso de productos químicos.

CRITERIO	DESCRIPCIÓN
CG-02	<i>Los proyectos que en cualquier etapa empleen agroquímicos de manera rutinaria e intensiva, deberán elaborar un programa de monitoreo de la calidad del agua del subsuelo a fin de detectar, prevenir y, en su caso, corregir la contaminación del recurso. Los resultados del Monitoreo se incorporarán a la bitácora ambiental.</i>

- **Vinculación con el proyecto:**

El proyecto no contempla el uso de agroquímicos en ninguna etapa del proyecto; por lo que el alcance de éste criterio no es aplicable al proyecto.

CRITERIO	DESCRIPCIÓN
CG-03	<i>Con la finalidad de restaurar la cobertura vegetal que favorece la captación de agua y la conservación de los suelos, la superficie del predio sin vegetación que no haya sido autorizada para su aprovechamiento, debe ser reforestada con especies nativas propias del hábitat que haya sido afectado.</i>

- **Vinculación con el proyecto:**

La superficie de aprovechamiento que se propone para el presente proyecto, representa el 100% de la superficie total de los polígonos sometidos a evaluación, y en ese sentido, se prevé que no existirán áreas sin vegetación que no estén sujetas a su aprovechamiento, salvo que esta Autoridad determine lo contrario.

CRITERIO	DESCRIPCIÓN
CG-04	<i>En los nuevos proyectos de desarrollo urbano, agropecuario, suburbano, turístico e industrial se deberá separar el drenaje pluvial del drenaje sanitario. El drenaje pluvial de techos, previo al paso a través de un decantador para separar sólidos no disueltos, podrá ser empleado para la captación en cisternas, dispuesto en áreas con jardines o en las áreas con vegetación nativa remanente de cada proyecto. El drenaje pluvial de estacionamiento públicos y privados así como de talleres mecánicos deberá contar con sistemas de retención de grasas y aceites.</i>

- **Vinculación con el proyecto:**

Dada la naturaleza del proyecto, este no requiere la construcción de drenajes sanitarios o pluviales, por lo que éste criterio sólo se considera de observancia.

CRITERIO	DESCRIPCIÓN
CG-05	<i>Para permitir la adecuada recarga del acuífero, todos los proyectos deben acatar lo dispuesto en el artículo 132 de la LEEPAQROO o la disposición jurídica que la sustituya.</i>

- **Vinculación con el proyecto:**

El Artículo 132 de la LEEPAQROO, establece lo siguiente:

ARTICULO 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.

Al respecto es importante mencionar que el 100% de los polígonos que se destinarán para el desarrollo del proyecto, permanecerán permeables, ya que no requieren de la construcción de obras que provoquen el sellado del suelo, y en ese sentido tenemos que el proyecto está destinando más del 40% de la superficie de aprovechamiento como área permeable.

CRITERIO	DESCRIPCIÓN
CG-06	<i>Con la finalidad de evitar la fragmentación de los ecosistemas y el aislamiento de las poblaciones, de deberán agrupar las áreas de aprovechamiento preferentemente en "áreas sin vegetación aparente" y mantener la continuidad de las áreas con vegetación natural. Para lo cual, el promovente deberá presentar un estudio de zonificación ambiental que demuestre la mejor ubicación de la infraestructura planteada por el proyecto, utilizando preferentemente las áreas perturbadas por usos previos o con vegetación secundaria o acahual.</i>

- **Vinculación con el proyecto:**

De acuerdo con el inventario forestal realizado al interior del sitio del proyecto, no se detectaron áreas sin vegetación aparente dentro de los polígonos de aprovechamiento, lo cual puede constatarse con el plano de vegetación del predio presentado en capítulos anteriores; en ese sentido no es necesario presentar un estudio de zonificación ambiental que demuestre la mejor ubicación de la infraestructura planteada por el proyecto, que indique el uso preferente de áreas perturbadas por usos previos o con vegetación secundaria o acahual, ya que estas no existen dentro de la superficie de aprovechamiento propuesta. Aunado a lo anterior, resulta importante mencionar que el proyecto propuesto implica el aprovechamiento del 100% de los polígonos sujetos a evaluación y en tal sentido no será posible conservar áreas con vegetación natural.

CRITERIO	DESCRIPCIÓN
CG-07	<i>En los proyectos en donde se pretenda llevar a cabo la construcción de caminos, bardas o cualquier otro tipo de construcción que pudiera interrumpir la conectividad ecosistémica deberán implementar pasos de fauna menor (pasos inferiores) a cada 50 metros, con excepción de áreas urbanas.</i>

- **Vinculación con el proyecto:**

Dada la naturaleza del proyecto, éste no requiere la construcción de ningún tipo de obra o instalación que interrumpa la conectividad del ecosistema, por lo que éste criterio sólo se considera de observancia.

CRITERIO	DESCRIPCIÓN
CG-08	<i>Los humedales, rejolladas inundables, petenes, cenotes, cuerpos de agua superficiales, presentes en los predios deberán ser incorporados a las áreas de conservación.</i>

- **Vinculación con el proyecto:**

El proyecto no incluye áreas de conservación dentro de los polígonos sujetos a aprovechamiento; así mismo, cabe destacar que en dichos polígonos no se identificaron humedales, rejolladas inundables, petenes, cenotes, ni cuerpos de agua superficiales; por lo tanto, el alcance de éste criterio no es aplicable al proyecto.

CRITERIO	DESCRIPCIÓN
CG-09	<i>Salvo en las UGA urbanas, los desarrollos deberán ocupar el porcentaje de aprovechamiento o desmonte correspondiente para la UGA en la que se encuentre, y ubicarse en la parte central del predio, en forma perpendicular a la carretera principal. Las áreas que no sean intervenidas no podrán ser cercadas o verdeadas y deberán ubicarse preferentemente a lo largo del perímetro del predio en condiciones naturales y no podrán ser desarrolladas en futuras ampliaciones.</i>

- **Vinculación con el proyecto:**

El predio del proyecto se ubica dentro de la UGA 21 "Zona urbana de Cancún", la cual se distingue por ser una unidad de gestión ambiental urbana; y en ese sentido, se concluye que el alcance de éste criterio no es aplicable al proyecto.

CRITERIO	DESCRIPCIÓN
CG-10	<i>Sólo se permite la apertura de nuevos caminos de acceso para actividades relacionadas a los usos compatibles, así como aquellos relacionados con el establecimiento de redes de distribución de servicios básicos necesarios para la población.</i>

- **Vinculación con el proyecto:**

No se contempla la construcción o apertura de nuevos caminos de acceso; por lo que el alcance de éste criterio no es aplicable al proyecto.

CRITERIO	DESCRIPCIÓN
CG-11	<i>El porcentaje de desmonte que se autorice en cada predio, deberá estar acorde a cada uso compatible y no deberá exceder el porcentaje establecido en el alineamiento ecológico de la UGA, aplicando el principio de equidad y proporcionalidad.</i>

- **Vinculación con el proyecto:**

Compete a las autoridades correspondientes la autorización del porcentaje de desmonte para el proyecto en cuestión, quienes determinarán lo conducente con respecto a este criterio.

CRITERIO	DESCRIPCIÓN
CG-12	<i>En el caso de desarrollarse varios usos de suelo compatibles en el mismo predio, los porcentajes de desmonte asignados a cada uno de ellos solo serán acumulables hasta alcanzar el porcentaje definido en el lineamiento ecológico.</i>

- **Vinculación con el proyecto:**

Dentro de los polígonos de aprovechamiento propuestos, y en general dentro de la superficie total del predio concesionado al promovente, se desarrolla un solo uso de suelo, el aeroportuario; por lo tanto, el alcance de este criterio no es aplicable al proyecto.

CRITERIO	DESCRIPCIÓN
CG-13	<i>En la superficie de aprovechamiento autorizada previo al desarrollo de cualquier obra o actividad, se deberá de ejecutar un programa de rescate de flora y fauna.</i>

- **Vinculación con el proyecto:**

El proyecto contempla la ejecución de un programa de rescate de flora y un programa de rescate de fauna, previo al desarrollo de cualquier obra o actividad, los cuales se anexan al presente estudio.

CRITERIO	DESCRIPCIÓN
CG-14	<i>En los predios donde no exista cobertura arbórea, o en el caso que exista una superficie mayor desmontada a la señalada para la unidad de gestión ambiental ya sea por causas naturales y/o usos previos, el proyecto sólo podrá ocupar la superficie máxima de aprovechamiento que se indica para la unidad de gestión ambiental y la actividad compatible que pretenda desarrollarse.</i>

- **Vinculación con el proyecto:**

De acuerdo con el inventario forestal realizado en el predio del proyecto, no se identificaron zonas sin cobertura arbórea, ni áreas desmontadas, por lo que el alcance de éste criterio no es aplicable al proyecto. Así mismo, resulta importante señalar que para el predio del proyecto, no existe instrumento normativo alguno que determine el porcentaje de desmonte permitido, ni la superficie máxima de aprovechamiento permitida para el proyecto en cuestión.

CRITERIO	DESCRIPCIÓN
CG-15	<i>En los ecosistemas forestales deberán eliminarse los ejemplares de especies exóticas considerados como invasoras por la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO) que representen un riesgo de afectación o desplazamiento de especies silvestres. El material vegetal deberá ser eliminado mediante procedimiento que no permitan su regeneración y/o propagación.</i>

- **Vinculación con el proyecto:**

Durante el inventario forestal realizado en el predio del proyecto, no se identificaron ejemplares de especies exóticas considerados como invasoras por la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO), por lo que este criterio sólo se considera de observancia.

CRITERIO	DESCRIPCIÓN
CG-16	<i>La introducción y manejo de palma de coco (<i>Cocos nucifera</i>) debe restringirse a las variedades que sean resistentes a la enfermedad conocida como "amarillamiento letal del cocotero".</i>

- **Vinculación con el proyecto:**

El proyecto no implica actividades relacionadas con la introducción y manejo de palma de coco (*Cocos nucifera*); por lo que éste criterio sólo se considera de observancia.

CRITERIO	DESCRIPCIÓN
CG-17	<i>Sólo se permite el manejo de especies exóticas cuando...</i>

- **Vinculación con el proyecto:**

El proyecto no implica actividades relacionadas con el manejo de especies exóticas; por lo que éste criterio sólo se considera de observancia.

CRITERIO	DESCRIPCIÓN
CG-18	<i>No se permite la acuicultura en cuerpos de agua en condiciones naturales, ni en cuerpos de agua superficiales con riesgo de afectación a especies nativas.</i>

- **Vinculación con el proyecto:**

El proyecto no implica obras o actividades relacionadas con la acuicultura; por lo que éste criterio sólo se considera de observancia.

CRITERIO	DESCRIPCIÓN
CG-19	<i>Todos los caminos abiertos que estén en propiedad privada, deberán contar con acceso controlado, a fin de evitar posibles afectaciones a los recursos naturales existentes.</i>

- **Vinculación con el proyecto:**

El proyecto no contempla la construcción de caminos abiertos; por lo que éste criterio sólo se considera de observancia. Así mismo, es importante mencionar que el predio del proyecto no posee el carácter de propiedad privada, es un área federal concesionada al promovente.

CRITERIO	DESCRIPCIÓN
CG-20	<i>Los cenotes, rejolladas inundables y cuerpos de agua deberán mantener inalterada su estructura geológica y mantener el estrato arbóreo, asegurando que la superficie establecida para su uso garantice el mantenimiento de las condiciones ecológicas de dichos ecosistemas.</i>
CG-21	<i>Donde se encuentren vestigios arqueológicos, deberá reportarse dicha presencia al Instituto Nacional de Antropología e Historia (INAH) y contar con su correspondiente autorización para la construcción de la obra o realización de actividades.</i>

- **Vinculación con el proyecto:**

Al interior del terreno forestal, no se registró la existencia de cenotes, rejolladas inundables, cuerpos de agua, ni vestigios arqueológicos; por lo tanto, los criterios en comento no son aplicables al proyecto, en el amplio sentido de su contexto.

CRITERIO	DESCRIPCIÓN
CG-22	<i>El derecho de vía de los tendidos de energía eléctrica de alta tensión sólo podrá ser utilizado conforme a la normatividad aplicable, y en apego a ella no podrá ser utilizado para asentamientos humanos.</i>

- **Vinculación con el proyecto:**

El proyecto no pretende llevarse a cabo sobre derechos de vía de tendidos de energía eléctrica de ningún tipo; por lo tanto, el criterio en comento no es aplicable al proyecto, en el amplio sentido de su contexto.

CRITERIO	DESCRIPCIÓN
CG-23	<i>La instalación de infraestructura de conducción de energía eléctrica de baja tensión y de comunicación deberá ser subterránea en el interior de los predio, para evitar la contaminación visual del paisaje y afectaciones a la misma por eventos meteorológicos externos y para minimizar la fragmentación de ecosistemas.</i>

- **Vinculación con el proyecto:**

El proyecto no requiere instalaciones eléctricas, por lo que éste criterio sólo se considera de observancia.

CRITERIO	DESCRIPCIÓN
CG-24	<i>Los taludes de los caminos y carreteras deberán ser reforestados con plantas nativas de cobertura y herbáceas que limiten los procesos de erosión.</i>

- **Vinculación con el proyecto:**

El proyecto no implica la construcción de caminos ni carreteras. En ese sentido, este criterio sólo se considera de observancia.

CRITERIO	DESCRIPCIÓN
CG-25	<i>En ningún caso la estructura o cimentación deberán interrumpir la hidrodinámica natural superficial y/o subterránea.</i>

- **Vinculación con el proyecto:**

El proyecto no llevará a cabo el desplante de cimentaciones o estructuras de ningún tipo. En ese sentido, este criterio sólo se considera de observancia.

CRITERIO	DESCRIPCIÓN
CG-26	<i>De acuerdo con lo que establece el Reglamento Municipal de Construcción, los campamentos de construcción o de apoyo y todas las obras en general deben:</i> <i>A. Contar con al menos una letrina por cada 20 trabajadores.</i> <i>B. Áreas específicas y delimitadas para la pernocta y/o para la elaboración y consumo de alimentos, con condiciones higiénicas adecuadas (ventilación, miriñaques, piso de cemento, correcta iluminación, lavamanos, entre otros).</i> <i>C. Establecer las medidas necesarias para el almacenamiento, retiro, transporte disposición final de los residuos sólidos generados.</i> <i>D. Establecer medidas para el correcto manejo, almacenamiento, retiro, transporte y disposición final de los residuos peligrosos.</i>

- **Vinculación con el proyecto:**

El proyecto no requiere la instalación de campamentos de construcción o de apoyo. En ese sentido, este criterio sólo se considera de observancia.

CRITERIO	DESCRIPCIÓN
CG-27	<i>En el diseño y construcción de los sitios de disposición final de Residuos Sólidos Urbanos se deberán colocar en las celdas para residuos y en el estanque de lixiviados, una geomembrana de polietileno de alta densidad o similar, con espesor mínimo de 1.5 mm. Previo a la colocación de la capa protectora de la geomembrana se deberá acreditar la aprobación de las pruebas de hermeticidad de las uniones de la geomembrana por parte de la autoridad que supervise su construcción.</i>

- **Vinculación con el proyecto:**

No se contempla la construcción de obras para la disposición final de residuos. El contexto de éste criterio no es aplicable al proyecto en cuestión.

CRITERIO	DESCRIPCIÓN
CG-28	<i>La disposición de materiales derivados de obras, excavaciones o dragados sólo podrá realizarse en sitios autorizados por la autoridad competente, siempre y cuando no contengan residuos sólidos urbanos, así como aquellos que puedan ser catalogados como peligrosos por la normatividad vigente.</i>

- **Vinculación con el proyecto:**

El proyecto no generará residuos peligrosos, ni materiales derivados de obras, excavaciones o dragados, pues estas no son actividades que formen parte del proceso de cambio de uso de suelo. Los residuos sólidos urbanos serán tratados en forma independiente, y su disposición final correrá a cargo del servicio municipal de recolección.

CRITERIO	DESCRIPCIÓN
CG-29	<i>La disposición final de residuos sólidos únicamente podrá realizarse en los sitios previamente aprobados para tal fin.</i>

- **Vinculación con el proyecto:**

La disposición final de los residuos sólidos urbanos que se generen durante el cambio de uso de suelo, correrá a cargo del servicio municipal de recolección.

CRITERIO	DESCRIPCIÓN
CG-30	<i>Los desechos biológico infecciosos no podrán disponerse en el relleno sanitario y/o en depósitos temporales de servicio municipal.</i>

- **Vinculación con el proyecto:**

El proyecto no será generador de desechos biológico infecciosos en ninguna de sus etapas de desarrollo, por lo que éste criterio sólo se considera de observancia.

CRITERIO	DESCRIPCIÓN
CG-31	<i>Los sitios de disposición final de RSU deberán contar con un banco de material pétreo autorizado dentro del área proyectada, mismos que se deberá ubicar aguas arriba de las celdas de almacenamiento y que deberá proveer diariamente del material de cobertura.</i>

- **Vinculación con el proyecto:**

No se tiene proyectada la construcción de sitios de disposición final de residuos sólidos urbanos; por lo que éste criterio no es aplicable al proyecto.

CRITERIO	DESCRIPCIÓN
CG-32	<i>Se prohíbe la quema de basura, así como su entierro o disposición a cielo abierto.</i>

- **Vinculación con el proyecto:**

A fin de dar cumplimiento a lo señalado en éste criterio, en ninguna etapa del proyecto se tiene contemplada la quema de basura, su entierro o disposición, sea temporal o final, a cielo abierto.

CRITERIO	DESCRIPCIÓN
CG-33	<i>Todos los proyectos deberán contar con áreas específicas para el acopio temporal de los residuos sólidos. En el caso de utilizar el servicios municipal de colecta, dichas áreas deben ser accesibles a la operación del servicio.</i>

- **Vinculación con el proyecto:**

El Aeropuerto Internacional de Cancún cuenta con un área específica para el acopio temporal de residuos sólidos, cuya ubicación permite el acceso al servicio de colecta municipal desde que inició operaciones el aeropuerto, por lo que se cumple con éste criterio.

CRITERIO	DESCRIPCIÓN
CG-34	<i>El material pétreo, sascab, piedra caliza, tierra negra, tierra de desplame, madera, materiales vegetales y/o arena, que se utilice en la construcción de un proyecto, deberá provenir de fuentes y/o bancos de material autorizados.</i>

- **Vinculación con el proyecto:**

El proceso constructivo de las superficies limitadoras de obstáculos no requiere el uso de materiales pétreos, sascab, piedra caliza, tierra negra, tierra de despalme, madera, materiales vegetales y/o arena.

CRITERIO	DESCRIPCIÓN
CG-35	<i>En la superficie en la que por excepción la autoridad competente autorice la remoción de la vegetación, también se podrá retirar el suelo, subsuelo y las rocas para nivelar el terreno e instalar los cimientos de las edificaciones e infraestructura, siempre y cuando no se afecten los ríos subterráneos que pudieran estar presentes en los predios que serán intervenidos.</i>

- **Vinculación con el proyecto:**

Corresponde a esta autoridad determinar la superficie de cambio de uso de suelo para el presente proyecto; así como la autorización de las actividades que en dicha superficie se lleven a cabo.

CRITERIO	DESCRIPCIÓN
CG-36	<i>Los desechos orgánicos derivados de las actividades agrícolas, pecuarias y forestales deberán aprovecharse en primera instancia para la recuperación de suelos, y/o fertilización orgánica de cultivos y áreas verdes, previo composteo y estabilización y ser dispuestos donde lo indique la autoridad competente en la materia.</i>

- **Vinculación con el proyecto:**

El proyecto no implica la realización de actividades agrícolas, pecuarias o forestales, por lo que éste criterio no es aplicable en el amplio sentido de su contexto.

CRITERIO	DESCRIPCIÓN
CG-37	<i>Todos los proyectos que impliquen la remoción de la vegetación y el despalme del suelo deberán realizar acciones para la recuperación de la tierra vegetal, realizando su separación de los residuos vegetales y pétreos, con la finalidad de que sea utilizada para acciones de reforestación dentro del mismo proyecto o donde lo disponga la autoridad competente en la materia, dentro del territorio municipal.</i>

- **Vinculación con el proyecto:**

El proyecto no contempla el despalme de los polígonos de aprovechamiento, por lo tanto tampoco implica la remoción del suelo; por el contrario, dicho recurso será conservado *in situ* y protegido con el material vegetal triturado que será esparcido en toda su superficie.

CRITERIO	DESCRIPCIÓN
CG-38	<i>No se permite la transferencia de densidades de cuartos de hotel, residencias campestres, cabañas rurales y/o cabañas ecoturísticas de una unidad de gestión ambiental a otra.</i>

- **Vinculación con el proyecto:**

El proyecto no contempla la construcción de cuartos de hotel, residencias campestres, cabañas rurales y/o cabañas ecoturísticas; por lo que éste criterio no es aplicable en el amplio sentido de su contexto.

CRITERIO	DESCRIPCIÓN
CG-39	<i>El porcentaje de desmonte permitido en cada UGA que impliquen el cambio de uso de suelo de la vegetación forestal, solo podrá realizarse cuando la autoridad competente expida por excepción las autorizaciones de cambio de uso de suelo de los terrenos forestales.</i>

- **Vinculación con el proyecto:**

El presente documento técnico unificado, en su modalidad B, se somete a evaluación antes esta autoridad con la finalidad de obtener la autorización para llevar a cabo el cambio de uso de suelo en terrenos forestales.

2. CRITERIOS DE REGULACIÓN ECOLÓGICA DE CARÁCTER ESPECÍFICO

Los criterios específicos aplicables al predio del proyecto, son los que se enlistan en el siguiente cuadro:

Recursos y procesos prioritarios	Clave	Criterios de Regulación Ecológica											
Agua	URB	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12
		13	14	15	16	17							
Suelo y subsuelo		19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	
		30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41
Flora y fauna		43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54
		55	56	57	58	59							
Paisaje													

CRITERIO	DESCRIPCIÓN
URB-01	<i>En tanto no existan sistemas municipales para la conducción y tratamiento de las aguas residuales municipales, los promoventes de nuevos proyectos, de hoteles, fraccionamientos, condominios, industrias y similares, deberán instalar y operar por su propia cuenta, sistemas de tratamiento y reciclaje de las aguas residuales, ya sean individuales o comunales, para satisfacer las condiciones particulares que determinen las autoridades competentes y las normas oficiales mexicanas aplicables en la materia.</i>

- **Vinculación con el proyecto:**

El Aeropuerto Internacional de Cancún cuenta con su propia planta de tratamiento de aguas residuales, la cual opera actualmente al servicios de todas sus instalaciones. Dada la naturaleza del proyecto, este no será generador de aguas residuales.

CRITERIO	DESCRIPCIÓN
URB-02	<i>A fin de evitar la contaminación ambiental y/o riesgos a la salud pública y sólo en aquellos casos excepcionales en que el tendido de redes hidrosanitarias no exista, así como las condiciones financieras, socioeconómicas y/o topográficas necesarias para la introducción del servicio lo ameriten y justifiquen, la autoridad competente en la materia podrá autorizar a personas físicas el empleo de biodigestores para que en sus domicilio particulares se realice de manera permanente un tratamiento de aguas negras domiciliarias.</i>

- **Vinculación con el proyecto:**

El Aeropuerto Internacional de Cancún, cuenta con su propia planta de tratamiento de aguas residuales, la cual opera actualmente al servicios de todas sus instalaciones. Dada la naturaleza del proyecto, este no será generador de aguas residuales.

CRITERIO	DESCRIPCIÓN
URB-03	<i>En zonas que ya cuenten con el servicio de drenaje sanitario, el usuario estará obligado a conectarse a dicho servicio...</i>

- **Vinculación con el proyecto:**

El Aeropuerto Internacional de Cancún, cuenta con su propia planta de tratamiento de aguas residuales, la cual opera actualmente al servicios de todas sus instalaciones. Dada la naturaleza del proyecto, este no será generador de aguas residuales.

CRITERIO	DESCRIPCIÓN
URB-04	<i>Los sistemas de producción agrícola intensiva (invernaderos, hidroponía y viveros) que se establezcan dentro de los centros de población...</i>

- **Vinculación con el proyecto:**

No se contempla realizar actividades de producción agrícola, por lo que éste criterio no es aplicable al proyecto en el amplio sentido de su contexto.

CRITERIO	DESCRIPCIÓN
URB-05	<i>En el caso de los campos de golf o usos de suelo similares que requieran la aplicación de riesgos con agroquímicos y/o aguas residuales tratadas, deberán contar con la infraestructura necesaria...</i>

- **Vinculación con el proyecto:**

No se contempla la construcción de campos de golf o usos de suelo similares, por lo que éste criterio no es aplicable al proyecto en el amplio sentido de su contexto.

CRITERIO	DESCRIPCIÓN
URB-06	<i>Los proyectos de campos deportivos y/o golf, así como las áreas jardinadas de los desarrollo turísticos...</i>

- **Vinculación con el proyecto:**

El proyecto no es de tipo turístico, aunado a que no se contempla la construcción de campos deportivos o de golf, ni áreas ajardinadas, por lo que éste criterio no es aplicable al proyecto en el amplio sentido de su contexto.

CRITERIO	DESCRIPCIÓN
URB-07	<i>No se permite la disposición de aguas residuales sin previo tratamiento hacia los cuerpos de agua, zonas inundables y/o subsuelo, por lo que se promoverá que se establezca un sistema integra de drenaje y tratamiento de aguas residuales.</i>

- **Vinculación con el proyecto:**

El Aeropuerto Internacional de Cancún cuenta con su propia planta de tratamiento de aguas residuales, la cual opera actualmente al servicios de todas sus instalaciones. Dada la naturaleza del proyecto, este no será generador de aguas residuales.

CRITERIO	DESCRIPCIÓN
URB-08	<i>En las zonas urbanas y sus reservas del Municipio de Benito Juárez se deberán establecer espacios jardinados que incorporen elementos arbóreos y arbustivos de especies nativas.</i>

- **Vinculación con el proyecto:**

El predio del proyecto se ubica fuera de las zonas urbanas y reservas del Municipio de Benito Juárez, por lo que éste criterio sólo se considera de observancia.

CRITERIO	DESCRIPCIÓN
URB-09	<i>Para mitigar el aumento de la temperatura y la sensación térmica en las zonas urbanas, mejorar el paisaje, proteger las zonas de infiltración de aguas y recarga de mantos acuíferos, dotar espacios para recreación y mejoramiento de la calidad de vida de los ciudadanos en general, deben existir parques y espacios recreativos que cuenten con elementos arbóreos y arbustivos y cuya separación no será mayor a un km entre dichos parques.</i>

- **Vinculación con el proyecto:**

El predio del proyecto se ubica fuera de las zonas urbanas y reservas del Municipio de Benito Juárez, y no corresponde a un proyecto de carácter urbano que requiera parques o espacios recreativos para los ciudadanos en general; por lo que éste criterio sólo se considera de observancia.

CRITERIO	DESCRIPCIÓN
URB-10	<i>Los cenotes, rejolladas inundables y cuerpos de agua presentes en los centros de población deben formar parte de las áreas verdes, augurando que la superficie establecida para tal destino del suelo garantice el mantenimiento de las condiciones ecológicas de dichos ecosistemas.</i>

- **Vinculación con el proyecto:**

En los polígonos de aprovechamiento del proyecto no se registraron cenotes, rejolladas inundables y cuerpos de agua; y se ubica fuera de cualquier centro de población, por lo que éste criterio sólo se considera de observancia.

CRITERIO	DESCRIPCIÓN
URB-11	<i>Para el ahorro del recurso agua, las nuevas construcciones deberán implementar tecnologías que aseguren el ahorro y uso eficiente del agua.</i>

- **Vinculación con el proyecto:**

El proyecto no requiere del uso de agua en ninguna de sus etapas de desarrollo, por lo que éste criterio sólo se considera de observancia.

CRITERIO	DESCRIPCIÓN
URB-12	<i>En las plantas de tratamiento de aguas residuales y de desactivación de lodos deberán implementarse procesos para la disminución de olores y establecer franjas de vegetación arbórea de al menos 15 m de ancho que presten el servicio de barreras dispersantes de malos olores dentro del predio que se encuentren dichas instalaciones.</i>

- **Vinculación con el proyecto:**

La planta de tratamiento de aguas residuales que opera actualmente en el predio del proyecto, fue autorizada previo a la entrada en vigor de este instrumento normativo, por lo que este criterio no es aplicable al proyecto en cuestión. Así mismo, dada la naturaleza del proyecto, este no será generador de aguas residuales.

CRITERIO	DESCRIPCIÓN
URB-13	<i>La canalización del drenaje pluvial hacia espacios verdes, cuerpos de agua superficiales o pozos de absorción, debe realizarse previa filtración de sus agua con sistemas de decantación, trampas de grasas y sólidos, u otros que garanticen la retención de sedimentos y contaminantes. Dicha canalización deberá ser autorizada por la Comisión Nacional del Agua.</i>

- **Vinculación con el proyecto:**

Dada la naturaleza del proyecto, este no requiere drenaje pluvial, por lo que éste criterio sólo se considera de observancia.

CRITERIO	DESCRIPCIÓN
URB-14	<i>Los crematorios deberán realizar un monitoreo y control de sus emisiones a la atmósfera.</i>

- **Vinculación con el proyecto:**

El proyecto no implica la construcción de crematorios, por lo que éste criterio no es aplicable al proyecto.

CRITERIO	DESCRIPCIÓN
URB-15	<i>Los cementerios deberán impermeabilizar paredes y pisos de las fosas, con el fin de evitar contaminación del suelo, subsuelo y manto freático.</i>

- **Vinculación con el proyecto:**

El proyecto no implica la construcción de cementerios, por lo que éste criterio no es aplicable al proyecto.

CRITERIO	DESCRIPCIÓN
URB-16	<i>Los proyectos en la franja costera dentro de las UGA urbanas...</i>

- **Vinculación con el proyecto:**

El sitio del proyecto se ubica fuera de la franja costera del Municipio de Benito Juárez, por lo que éste criterio no es aplicable.

CRITERIO	DESCRIPCIÓN
URB-17	<i>Serán susceptible de aprovechamiento los recursos biológicos forestales, tales como semilla, que generen los árboles urbanos, con fines de propagación por parte de particulares, mediante la autorización de colecta se recursos biológicos forestales.</i>

- **Vinculación con el proyecto:**

El proyecto no implica el aprovechamiento de recursos biológicos forestales, por lo que éste criterio no es aplicable.

CRITERIO	DESCRIPCIÓN
URB-19	<i>La autorización emitida por la autoridad competente para la explotación de bancos de materiales pétreos deberá sustentarse en los resultados provenientes de estudios de mecánica de suelos y geohidrológicos que aseguren que no existan afectaciones irreversibles al recurso agua, aun en los casos de afloramiento del acuífero para extracción debajo del manto freático. Estos estudios deberán establecer claramente cuáles serán las medidas de mitigación aplicables al proyecto y los parámetros y periodicidad para realizar el monitoreo que tendrá que realizarse durante todas las etapas del proyecto, incluyendo las actividades de la etapa de abandono.</i>

- **Vinculación con el proyecto:**

El proyecto no contempla la explotación de bancos de materiales pétreos, por lo que éste criterio sólo se considera de observancia.

CRITERIO	DESCRIPCIÓN
URB-20	<i>Con el objeto de integrar cenotes, rejolladas, cuevas y cavernas a las áreas públicas urbanas, se permite realizar el aclareo, poda y modificación de la vegetación rastrera y arbustiva presente...</i>

- **Vinculación con el proyecto:**

En el predio del proyecto no existen cenotes, rejolladas, cuevas y cavernas, por lo que éste criterio sólo se considera de observancia.

CRITERIO	DESCRIPCIÓN
URB-21	Los bancos de materiales autorizados deben respetar una zona de amortiguamiento...

- **Vinculación con el proyecto:**

El proyecto no contempla la explotación de bancos de materiales pétreos, por lo que éste criterio sólo se considera de observancia.

CRITERIO	DESCRIPCIÓN
URB-22	Para evitar la contaminación del suelo y subsuelo, en las actividades de extracción y exploración de materiales pétreos deberán realizarse acciones de acopio, separación, utilización y disposición final de cualquier tipo de residuos generados...

- **Vinculación con el proyecto:**

El proyecto no contempla la explotación de bancos de materiales pétreos, por lo que éste criterio sólo se considera de observancia.

CRITERIO	DESCRIPCIÓN
URB-23	Para reincorporar las superficies afectadas por extracción de materiales pétreos a las actividades económicas del municipio...

- **Vinculación con el proyecto:**

Los polígonos de aprovechamiento propuestos para el proyecto no presentan evidencias de que hayan formado parte de bancos de materiales pétreos, por lo que éste criterio sólo se considera de observancia.

CRITERIO	DESCRIPCIÓN
URB-24	Los generadores de Residuos de Manejo Especial y los Grandes Generadores de Residuos Sólidos Urbanos, deberán contar con un plan de manejo de los mismos, en apego a la normatividad vigente en la materia.

- **Vinculación con el proyecto:**

Dada la naturaleza del proyecto, este no será generador de residuos de manejo especial, ni generador grande de residuos sólidos urbanos, por lo que éste criterio sólo se considera de observancia.

CRITERIO	DESCRIPCIÓN
URB-25	Para el caso de fraccionamientos habitacionales...

CRITERIO	DESCRIPCIÓN
URB-26	En las etapas de crecimiento de la mancha urbana considerada por el PDU, para mitigar el aumento de la temperatura y la sensación térmica en las zonas urbanas, mejorar el paisaje, proteger las zonas de infiltración de aguas y recarga de mantos acuíferos, favorecer la función de barrera contra ruido, dotar de especies para recreación y mejoramiento de la calidad de vida de los ciudadanos en general, los fraccionamientos deben incorporar áreas verdes que cosntrinyan al Sistema Municipal de Parques, de conformidad con la normatividad vigente en la materia.

- **Vinculación con el proyecto:**

El proyecto no consiste en un fraccionamiento habitacional, por lo que éste criterio sólo se considera de observancia.

CRITERIO	DESCRIPCIÓN
URB-27	<i>La superficie ocupada por equipamiento en las áreas verdes no deberá exceder de un 30% del total de la superficie cada una de ellas.</i>

- **Vinculación con el proyecto:**

El proyecto no contempla obras de equipamiento en áreas verdes, por lo que éste criterio no es aplicable.

CRITERIO	DESCRIPCIÓN
URB-28	<i>Para evitar las afectaciones por inundaciones, se prohíbe el establecimiento de fraccionamientos habitacionales así como infraestructura urbana...</i>

CRITERIO	DESCRIPCIÓN
URB-29	<i>En la construcción de fraccionamientos dentro de áreas urbanas...</i>

- **Vinculación con el proyecto:**

El proyecto no consiste en un fraccionamiento habitacional, por lo que éste criterio sólo se considera de observancia.

CRITERIO	DESCRIPCIÓN
URB-30	<i>En zonas inundables, se deben mantener las condiciones naturales de los ecosistemas y garantizar la conservación de las poblaciones silvestres que la habitan. Por lo que las actividades recreativas de contemplación deben ser promovidas y las actividades de aprovechamiento extractivo y de construcción deben ser condicionadas.</i>

- **Vinculación con el proyecto:**

En el sitio del proyecto no se registraron zonas inundables, por lo que éste criterio sólo se considera de observancia.

CRITERIO	DESCRIPCIÓN
URB-31	<i>Las áreas destinadas a la conservación de la biodiversidad y/o del agua que colinden con las áreas definidas para los asentamientos humanos, deberán ser los sitios prioritarios para ubicar los ejemplares de plantas y animales que sean rescatados en el proceso de eliminación de la vegetación.</i>

- **Vinculación con el proyecto:**

El predio del proyecto no colinda con áreas definidas para asentamientos humanos, por lo que éste criterio sólo se considera de observancia.

CRITERIO	DESCRIPCIÓN
URB-32	<i>Deberá preservarse un mínimo de 50% de la superficie de los espacios públicos jardinados para que tengan vegetación natural de la zona y mantener todos los árboles nativos que cuenten con DAP mayores a 15 cm, en buen estado fitosanitario y que no representen riesgo de accidentes para los usuarios.</i>

- **Vinculación con el proyecto:**

El predio del proyecto no se ubica dentro de espacios públicos, por lo que éste criterio no es aplicable en el amplio sentido de su contexto.

CRITERIO	DESCRIPCIÓN
URB-33	<i>Deberán establecerse zonas de amortiguamiento de al menos 50 m alrededor de las zonas industriales y centrales de abastos que se desarrollen en las reservas urbanas. Estas zonas de amortiguamiento deberán ser dotados de infraestructura de parque público.</i>

- **Vinculación con el proyecto:**

El predio del proyecto no se ubica dentro de zonas industriales o centrales de abasto, por lo que éste criterio no es aplicable en el amplio sentido de su contexto.

CRITERIO	DESCRIPCIÓN
URB-34	<i>En los programas de rescate de fauna silvestre que deben elaborarse y ejecutarse con motivo de la eliminación de la cobertura vegetal de un predio, de deberá incluir el sitio de reubicación de los ejemplares, aprobado por la autoridad ambiental competente.</i>

- **Vinculación con el proyecto:**

En el programa de rescate de fauna que se anexa al presente estudio, se indica el sitio de reubicación de los ejemplares rescatados, a fin de que esta autoridad determine lo conducente.

CRITERIO	DESCRIPCIÓN
URB-35	<i>No se permite introducir o liberar fauna exótica en parques y/o áreas de reservas urbanas.</i>

- **Vinculación con el proyecto:**

El proyecto no contempla actividades relacionadas con la introducción o liberación de fauna exótica, por lo que éste criterio no es aplicable en el amplio sentido de su contexto.

CRITERIO	DESCRIPCIÓN
URB-36	<i>Las áreas con presencia de ecosistemas de manglar dentro de los centros de población deberán ser consideradas...</i>

- **Vinculación con el proyecto:**

En el sitio del proyecto no se registro la presencia de manglar, por lo que éste criterio no es aplicable en el amplio sentido de su contexto.

CRITERIO	DESCRIPCIÓN
URB-37	<i>Para minimizar los impactos ambientales y el efecto de borde sobre los ecosistemas adyacentes a los centros urbanos, la ocupación de nuevas reservas territoriales para el desarrollo urbano, sólo podrá realizarse cuando se haya ocupado el 85% del territorio de la etapa de desarrollo urbano previa.</i>

- **Vinculación con el proyecto:**

En el sitio del proyecto no se ubica dentro de reservas territoriales para el desarrollo urbano, por lo que éste criterio no es aplicable en el amplio sentido de su contexto.

CRITERIO	DESCRIPCIÓN
URB-38	<i>Las áreas verdes de los estacionamientos descubiertos públicos y privados deben ser diseñadas en forma de camellones continuos y deberá colocarse por lo menos un árbol por cada dos cajones de estacionamiento.</i>

- **Vinculación con el proyecto:**

El proyecto no contempla la construcción de estacionamientos, por lo que éste criterio sólo se considera de observancia.

CRITERIO	DESCRIPCIÓN
URB-39	<i>Los predios colindantes con los humedales deberán tener áreas de vegetación, preferentemente nativa, que permitan el tránsito de la vida silvestre hacia otros manchones de vegetación. Los predios colindantes en el Sur del área natural protegida Manglares de Nichupté (ANPLN) deberán mantener su cubierta vegetal para favorecer el tránsito de fauna...</i>

- **Vinculación con el proyecto:**

El predio del proyecto no colinda con humedales ni con el ANP Manglares de Nichupté, por lo que éste criterio sólo se considera de observancia.

CRITERIO	DESCRIPCIÓN
URB-40	<i>En las previsiones de crecimiento de las áreas urbanas colindantes con las ANPs, se deberán mantener corredores biológicos que salvaguarden la conectividad entre los ecosistemas existentes.</i>

- **Vinculación con el proyecto:**

El predio del proyecto no colinda ANPs, por lo que éste criterio sólo se considera de observancia.

CRITERIO	DESCRIPCIÓN
URB-40	<i>En las previsiones de crecimiento de las áreas urbanas colindantes con las ANPs, se deberán mantener corredores biológicos que salvaguarden la conectividad entre los ecosistemas existentes.</i>

- **Vinculación con el proyecto:**

El predio del proyecto no colinda ANPs, por lo que éste criterio sólo se considera de observancia.

CRITERIO	DESCRIPCIÓN
URB-41	<i>Los proyectos urbanos deberán reforestar camellones y áreas verdes colindantes a las ANPs y parques municipales deberán reforestar con especies nativas que sirvan de refugio y alimentación para la fauna silvestre, destacando el chicozapote (<i>Manilkara zapota</i>), la guaya (<i>Talisia olivaeformis</i>), capulín (<i>Muntingia calabura</i>), <i>Ficus spp</i>, ente otros.</i>

- **Vinculación con el proyecto:**

El proyecto no es de tipo urbano, predio del proyecto no colinda ANPs ni parques municipales, por lo que éste criterio sólo se considera de observancia.

CRITERIO	DESCRIPCIÓN
URB-43	<i>Las áreas verdes y en las áreas urbanas de conservación, deberán contar con el equipamiento adecuado para evitar la contaminación por residuos sólidos, ruido, aguas residuales y fecalisms al aire libre.</i>

- **Vinculación con el proyecto:**

El proyecto no contempla la conformación de áreas verdes o áreas de conservación dentro de los polígonos de aprovechamiento propuestos, por lo que éste criterio sólo se considera de observancia.

CRITERIO	DESCRIPCIÓN
URB-44	<i>Las autorizaciones municipales para el uso de suelo en los predios colindantes a la zona federal marítimo terrestre...</i>

- **Vinculación con el proyecto:**

El predio del proyecto no colinda con la Zona Federal Marítimo Terrestre, por lo que éste criterio sólo se considera de observancia.

CRITERIO	DESCRIPCIÓN
URB-45	<i>Para recuperar el paisaje y compensar la pérdida de vegetación en las zonas urbanas, en las actividades de reforestación designadas por la autoridad competente, se usarán de manera prioritaria especies nativas acordes a cada ambiente.</i>

- **Vinculación con el proyecto:**

El predio del proyecto no se ubica dentro de una zona urbana, por lo que éste criterio sólo se considera de observancia.

CRITERIO	DESCRIPCIÓN
URB-46	<i>El establecimiento de actividades de la industria concretera y similares debe ubicarse a una distancia mínima de 500 metros del asentamiento humano más próximo y debe contar con barreras naturales perimetrales para evitar la dispersión de polvos.</i>

- **Vinculación con el proyecto:**

El proyecto no pretende realizar actividades relacionadas con la industria concretera, por lo que éste criterio sólo se considera de observancia.

CRITERIO	DESCRIPCIÓN
URB-47	<i>Se establecerán servidumbres de paso y accesos a la zona federal marítimo terrestre...</i>

- **Vinculación con el proyecto:**

El predio del proyecto no colinda con Zona Federal Marítimo Terrestre, por lo que éste criterio sólo se considera de observancia.

CRITERIO	DESCRIPCIÓN
URB-48	<i>En las áreas de aprovechamiento proyectadas se debe mantener en pie la vegetación arbórea y palmas de la vegetación original que por diseño del proyecto coincidan con las áreas destinadas a camellones, parques, áreas verdes, jardines, áreas de donación o áreas de equipamiento, de tal forma que estos individuos se integren al proyecto.</i>

- **Vinculación con el proyecto:**

El proyecto no contempla la construcción de camellones, parques, áreas verdes, jardines, áreas de donación o de equipamiento, por lo que éste criterio sólo se considera de observancia.

CRITERIO	DESCRIPCIÓN
URB-49	<i>Los proyectos que pretendan realizarse en predio que colinden con playas aptas para la anidación de tortugas marinas...</i>

- **Vinculación con el proyecto:**

El predio del proyecto no colinda con playas aptas para la anidación de tortugas marinas, por lo que éste criterio sólo se considera de observancia.

CRITERIO	DESCRIPCIÓN
URB-50	<i>Las especies recomendadas para la reforestación de dunas...</i>

- **Vinculación con el proyecto:**

El proyecto no pretende llevar a cabo la reforestación de dunas, por lo que éste criterio sólo se considera de observancia.

CRITERIO	DESCRIPCIÓN
URB-51	<i>La selección de sitios para la rehabilitación de dunas...</i>

- **Vinculación con el proyecto:**

El proyecto no pretende llevar a cabo la rehabilitación de dunas, por lo que éste criterio sólo se considera de observancia.

CRITERIO	DESCRIPCIÓN
URB-52	<i>En las playas de anidación de tortugas marinas...</i>

- **Vinculación con el proyecto:**

El proyecto no se llevará a cabo en playas de anidación de tortugas marinas, por lo que éste criterio sólo se considera de observancia.

CRITERIO	DESCRIPCIÓN
URB-53	<i>Las obras y actividades que son susceptibles de ser desarrolladas en las dunas costeras...</i>

CRITERIO	DESCRIPCIÓN
URB-54	<i>En las dunas no se permite la instalación de tuberías de drenaje pluvial...</i>

- **Vinculación con el proyecto:**

El proyecto no se llevará a cabo en dunas, por lo que estos criterios sólo se consideran de observancia.

CRITERIO	DESCRIPCIÓN
URB-55	<i>La construcción de infraestructura permanente o temporal debe quedar fuera de las dinas pioneras (embrionarias).</i>
CRITERIO	DESCRIPCIÓN
URB-56	<i>En las dinas primarias podrá haber construcciones de madera o material degradable y piloteadas...</i>

- **Vinculación con el proyecto:**

El proyecto no se llevará a cabo en zona de dunas, por lo que éste criterio sólo se considera de observancia.

CRITERIO	DESCRIPCIÓN
URB-57	<i>La restauración de playas deberá realizarse con arena...</i>

- **Vinculación con el proyecto:**

El proyecto no contempla actividades de restauración de playas, por lo que éste criterio sólo se considera de observancia.

CRITERIO	DESCRIPCIÓN
URB-58	<i>Se prohíbe la extracción de arena en predio ubicados sobre la franja litoral del municipio con cobertura de matorral costero.</i>

- **Vinculación con el proyecto:**

El predio del proyecto no se ubica sobre la franja litoral del municipio, por lo que éste criterio sólo se considera de observancia.

CRITERIO	DESCRIPCIÓN
URB-59	<i>En las áreas verdes los residuos vegetales producto de las podas y deshierbes deberán incorporarse al suelo después de su composteo. Para mejorar la calidad del suelo y de la vegetación.</i>

- **Vinculación con el proyecto:**

El predio del proyecto no se ubica sobre la franja litoral del municipio, por lo que éste criterio sólo se considera de observancia.

VII. 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.

Objetivo y campo de aplicación

Esta Norma Oficial Mexicana tiene por objeto 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 y es 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, establecidas por esta Norma.

Es menester mencionar que el proyecto no promueve la inclusión, exclusión o cambio de las especies o poblaciones silvestres en alguna de las categorías de riesgo establecidas por esta Norma, por lo tanto el objetivo y campo de aplicación de la misma, no resulta aplicable al proyecto en el sentido amplio de su contexto.

VIII. ÁREAS NATURALES PROTEGIDAS

El sitio del proyecto no se sitúa dentro de alguna Área Natural Protegida oficialmente decretada, tanto Federal como Estatal (ver planos anexos).

IX. REGIONES TERRESTRES PRIORITARIAS

El predio del proyecto no se sitúa dentro de alguna Región Terrestre Prioritaria oficialmente decretada, según la CONABIO (ver planos anexos).

X. ÁREAS DE IMPORTANCIA PARA LA CONSERVACIÓN DE LAS AVES

El predio del proyecto no se sitúa dentro de alguna zona decretada como Área de Importancia para la Conservación de las Aves, según la CONABIO (ver planos anexos).

XI. REGIONES MARINAS PRIORITARIAS

El predio del proyecto se sitúa dentro de la Región Marina Prioritaria número 63 denominada Punta Maroma - Nizuc, de acuerdo con los listados oficiales de la CONABIO (ver planos anexos).

Entre la problemática que se suscita en esta RMP, se tiene lo siguiente:

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

En relación a lo anterior es importante mencionar que el proyecto no contribuye con la problemática que acontece en la RMP en comento, ya que: no implica la tala de manglar; el relleno de áreas inundables; la remoción de pastos marinos; construcción sobre bocas; ni la modificación de barreras naturales. Así mismo, no se pretende el uso de embarcaciones pesqueras, mercantes o turísticas, ni la deforestación del sitio; en cuanto a los impactos humanos que se generarán, estos cuentan con medidas preventivas y de mitigación para reducir sus efectos sobre el ambiente.

El proyecto no contribuye al blanqueamiento de corales; ni a la contaminación por descargas urbanas o falta de condiciones de salubridad; o la presión sobre peces y langostas; así como tampoco la pesca ilegal en la laguna Chakmochuk; campamentos irregulares, o la introducción de especies como la *Cassuarina spp.* y la *Columbrina spp.*.

XII. REGIONES HIDROLÓGICAS PRIORITARIAS

El predio del proyecto se sitúa dentro de la Región Hidrológica Prioritaria 105 denominada Corredor Cancún – Tulum, de acuerdo con los listados oficiales de la CONABIO (ver planos anexos).

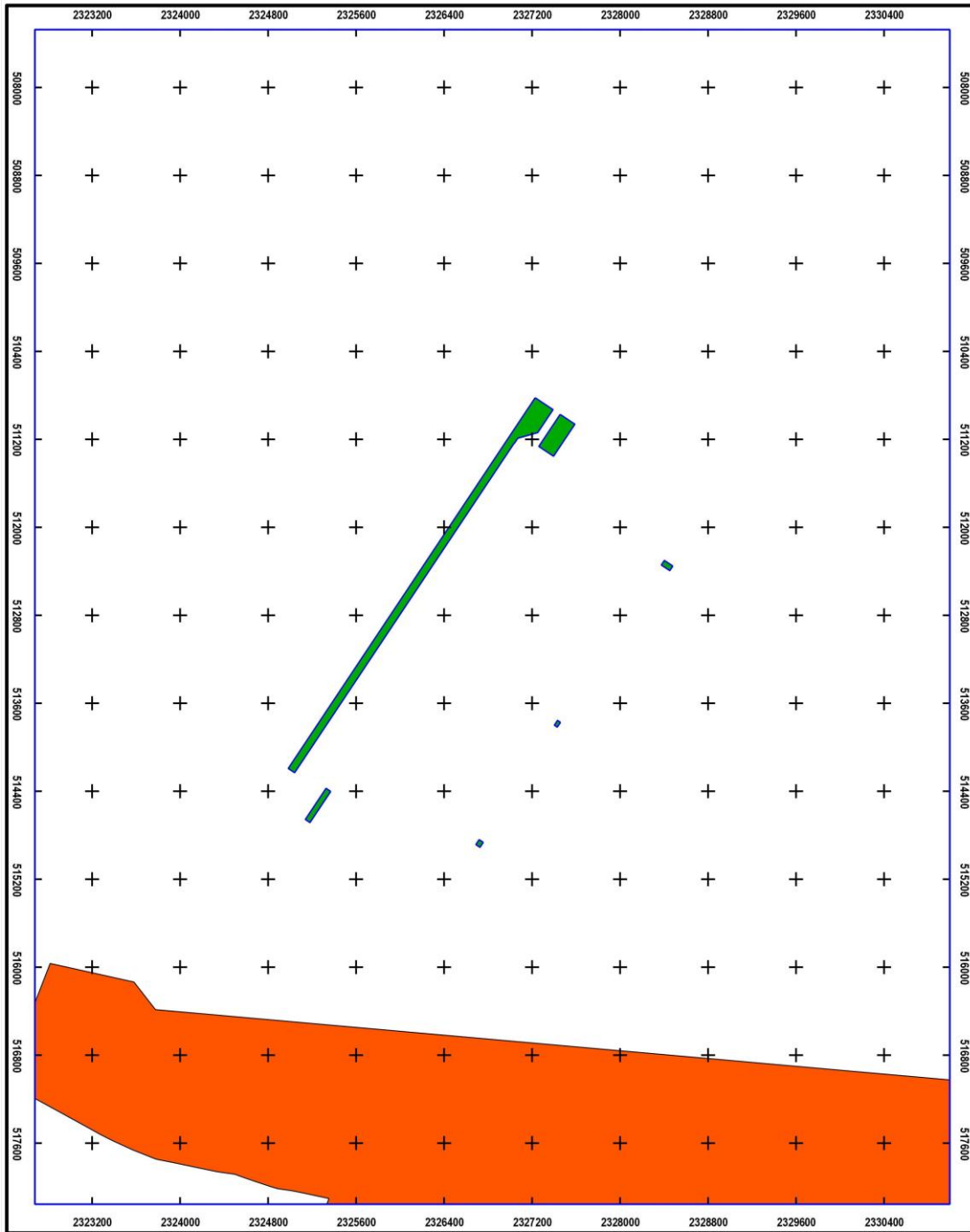
Entre la problemática que se suscita en esta RMP, se tiene lo siguiente:

- ▶ **Modificación del entorno:** perturbación por complejos turísticos, obras de ingeniería para corredores turísticos, deforestación, modificación de la vegetación (tala de manglar) y de barreras naturales, relleno de áreas inundables y formación de canales.
- ▶ **Contaminación:** aguas residuales y desechos sólidos.
- ▶ **Uso de recursos:** pesca ilegal en la laguna de Chakmochuk y plantaciones de coco *Cocos nucifera* tasiste.

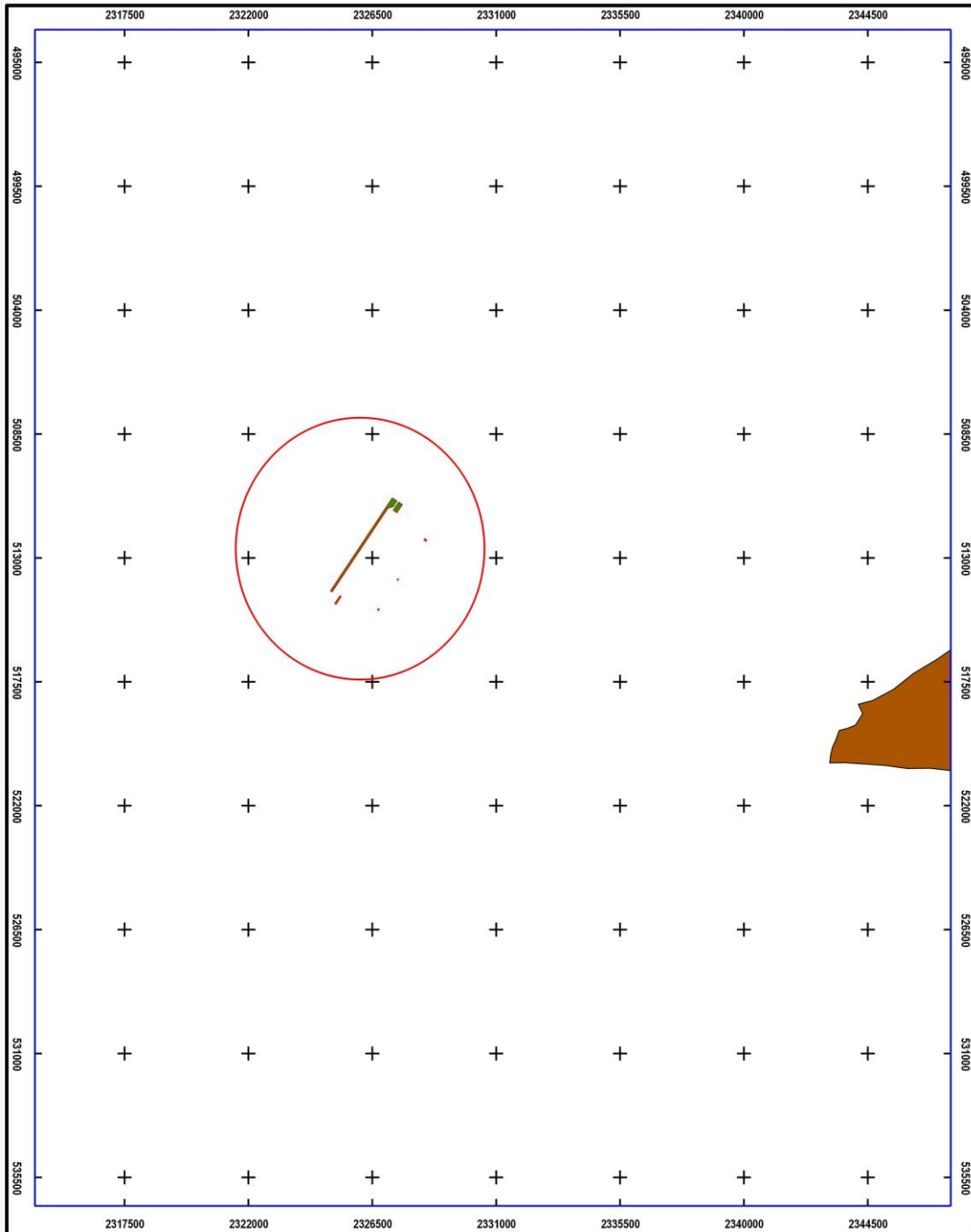
Al respecto es importante mencionar que el proyecto no contribuye con la problemática que acontece en la RHP en comento, ya que: no implica perturbación por complejos turísticos, obras de ingeniería para corredores turísticos, deforestación, ni tala de manglar o de barreras naturales. No provocará contaminación por aguas residuales y desechos sólidos; y entre sus actividades no se incluye la pesca ilegal en la laguna de Chakmochuk, ni plantaciones de coco (*Cocos nucifera*) o tasiste.

XIII. PLANOS ANEXOS

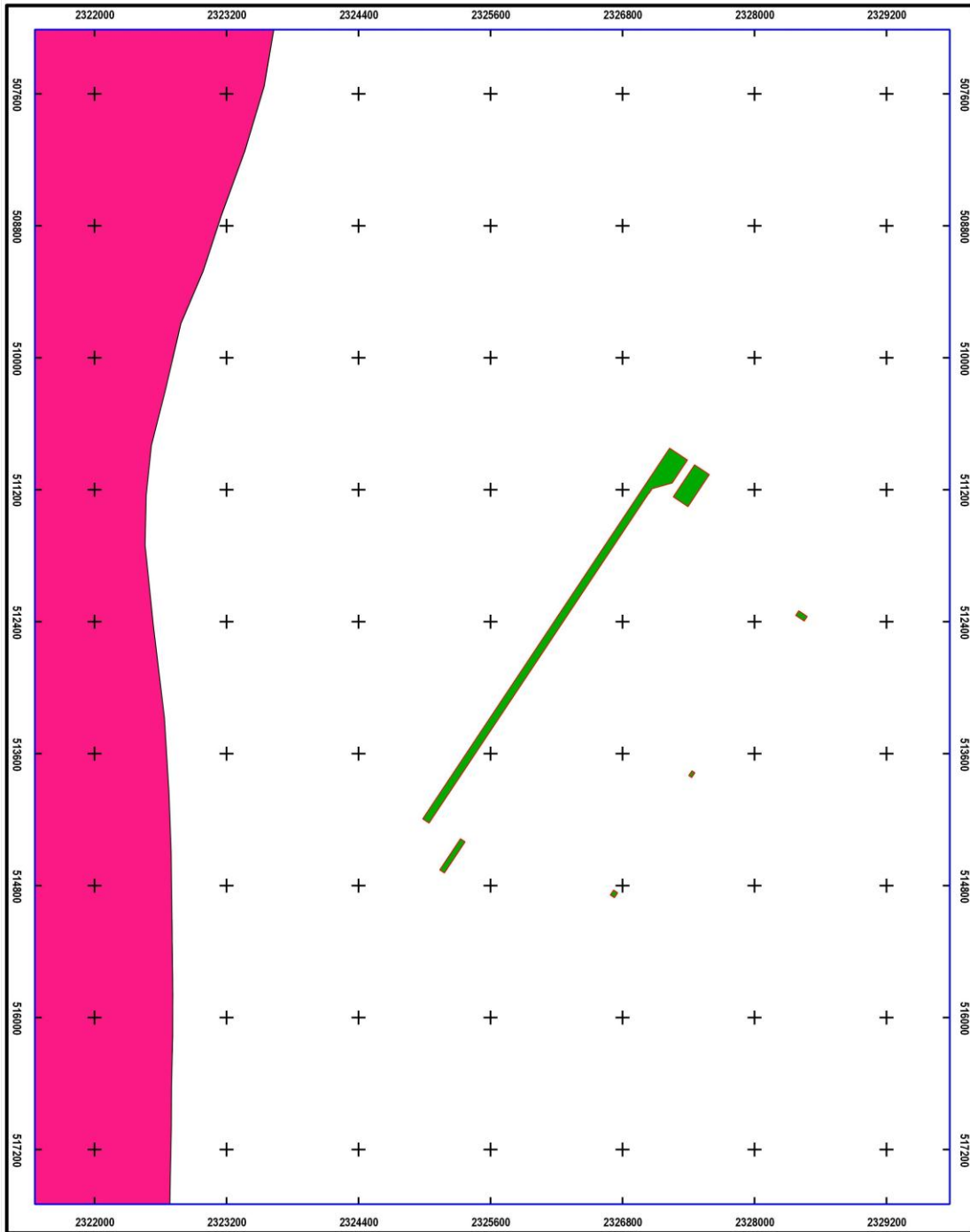
A continuación se presentan los planos que se citan en el contenido del presente capítulo, específicamente como “planos anexos”.



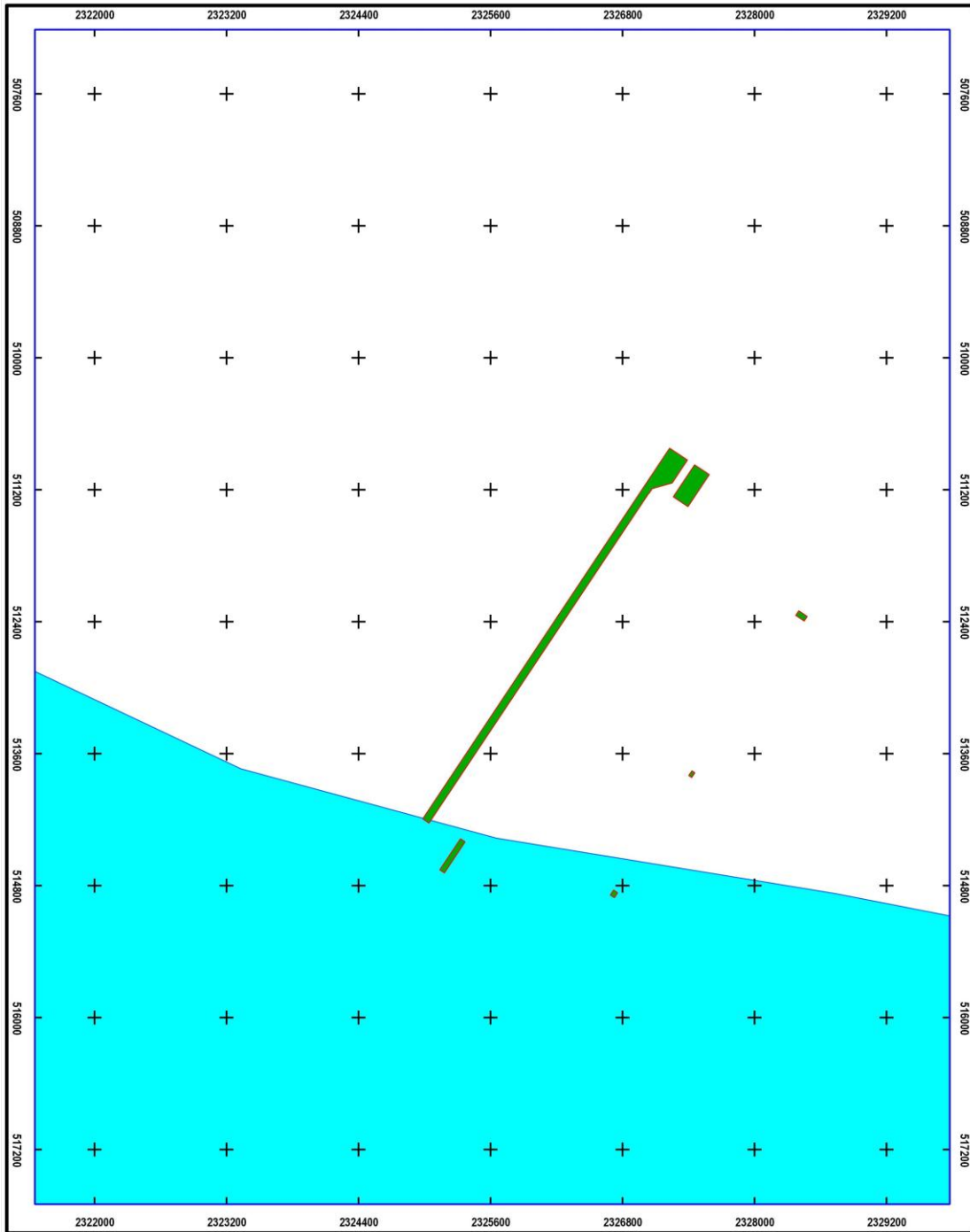
	<p>SIMBOLOGÍA</p> <p>PROYECTO ■ SUPERFICIE DE CUSTE</p> <p>ANP ■ MANGLARES DE NICHUPTE</p>	<p>DOCUMENTO TÉCNICO UNIFICADO, MODALIDAD B PARA EL CAMBIO DE USO DE SUELO EN TERRENOS FORESTALES</p> <p>PROYECTO: "SUPERFICIES LIMITADORAS DE OBSTÁCULOS DEL AEROPUERTO INTERNACIONAL DE CANCÚN"</p> <p>NOMBRE DEL PLANO: PROYECTO ANP</p> <p>PROYECCIÓN: UTM DATUM: WGS84 ZONA: 18Q NORTE</p> <p>ELABORADO POR: ING. RENE ALDO MARTINEZ LOPEZ SEPTIEMBRE DEL 2014</p>
--	--	---



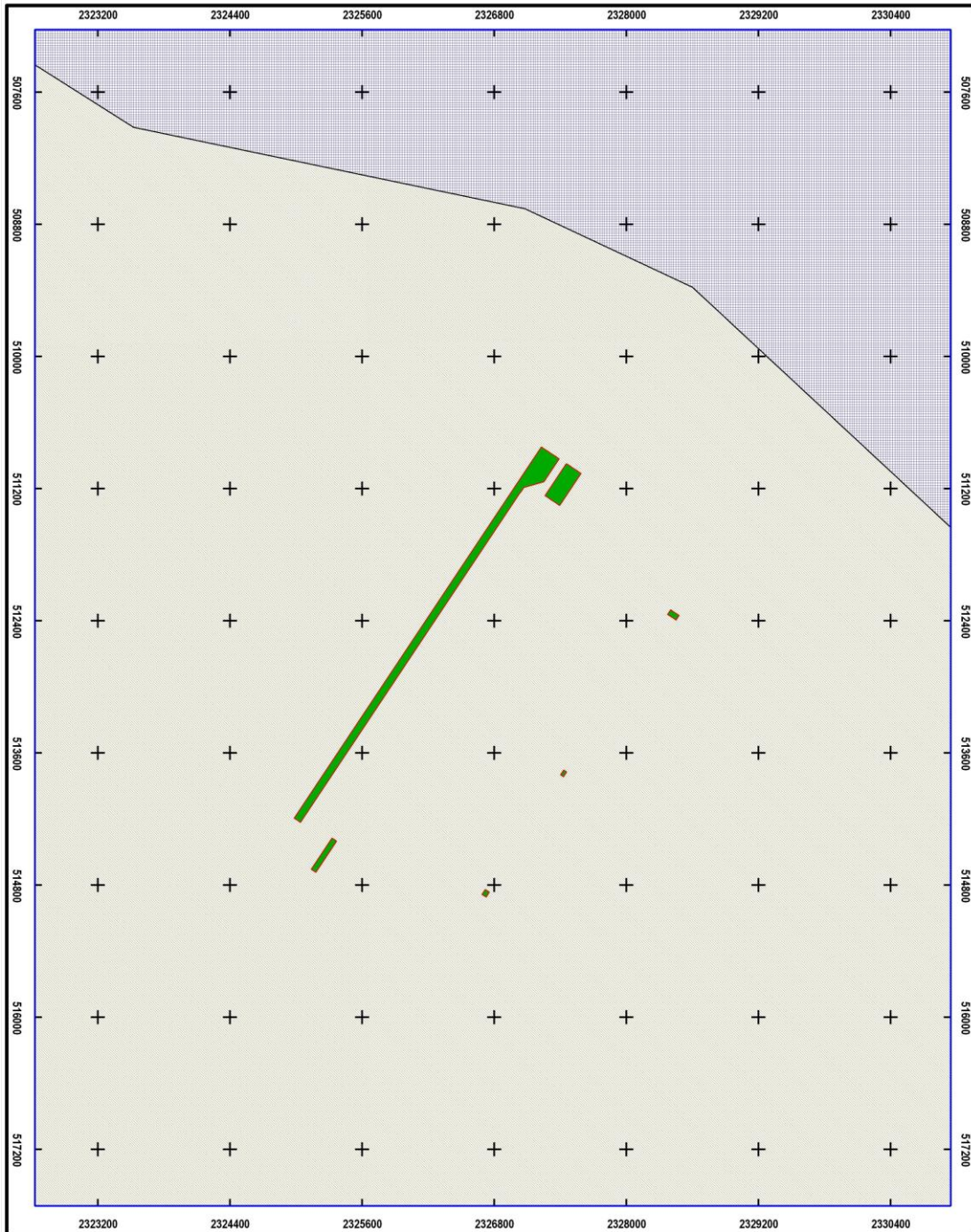
<p>900 0 900 1800</p> <p>1:127920</p>	<p>SIMBOLOGIA</p> <p>PROYECTO</p> <p>SUPERFICIE DE CUSTE</p> <p>REGIONES TERRESTRES PRIORITARIAS</p> <p>DZILAM-RIA LAGARTOS-VUM BALAM</p>	<p>DOCUMENTO TÉCNICO UNIFICADO, MODALIDAD B PARA EL CAMBIO DE USO DE SUELO EN TERRENOS FORESTALES</p> <p>PROYECTO: "SUPERFICIES LIMITADORAS DE OBSTACULOS DEL AEROPUERTO INTERNACIONAL DE CANCÚN"</p> <p>NOMBRE DEL PLANO: PROYECTO RTP</p> <p>PROYECCION: UTM DATUM: WGS84 ZONA: 18Q NORTE</p> <p>ELABORADO POR: ING. RENALDO MARTINEZ LOPEZ SEPTIEMBRE DEL 2014</p>
---------------------------------------	--	---



	<p>SIMBOLOGIA</p> <p>PROYECTO</p> <p> SUPERFICIE DE COSTE</p> <p>AICAS</p> <p> CORREDOR C. VALLARTA-P. LAGUNA</p>	<p>DOCUMENTO TÉCNICO UNIFICADO, MODALIDAD B PARA EL CAMBIO DE USO DE SUELO EN TERRENOS FORESTALES</p> <p>PROYECTO: "SUPERFICIES LIMITADORAS DE OBSTACULOS DEL AEROPUERTO INTERNACIONAL DE CANCÚN"</p> <p>NOMBRE DEL PLANO: PROYECTO / AICAS</p> <p>PROYECCION: UTM DATUM: WGS84 ZONA: 18Q NORTE</p> <p>ELABORADO POR: ING. REYNALDO MARTINEZ LOPEZ SEPTIEMBRE DEL 2014</p>
--	--	--



	<p>SIMBOLOGIA</p> <p>PROYECTO SUPERFICIE DE CUSTF</p> <p>REGIONES MARINIMAS PRIORITARIAS PUNTA MAROMA-INZIC</p>	<p>DOCUMENTO TÉCNICO UNIFICADO, MODALIDAD B PARA EL CAMBIO DE USO DE SUELO EN TERRENOS FORESTALES</p> <p>PROYECTO: "SUPERFICIES LIMITADORAS DE OBSTACULOS DEL AEROPUERTO INTERNACIONAL DE CANCUN"</p> <p>NOMBRE DEL PLANO: PROYECTO RIMP</p> <p>PROYECCION: UTM DATUM: WGS84 ZONA: 18Q NORTE</p> <p>ELABORADO POR: ING. RENE ALDO MARTINEZ LOPEZ SEPTIEMBRE DEL 2014</p>
--	--	---



	<p>SIMBOLOGÍA</p> <p>PROYECTO SUPERFICIE DE CUSIF</p> <p>REGIONES HIDROLÓGICAS PRIORITARIAS</p> <p>Contoy</p> <p>Corredor Cancún - Tulum</p>	<p>DOCUMENTO TÉCNICO UNIFICADO, MODALIDAD B PARA EL CAMBIO DE USO DE SUELO EN TERRENOS FORESTALES</p> <p>PROYECTO: "SUPERFICIES LIMITADORAS DE OBSTÁCULOS DEL AEROPUERTO INTERNACIONAL DE CANCÚN"</p> <p>NOMBRE DEL PLANO: PROYECTO / RHP</p> <p>PROYECCIÓN: UTM DATUM: WGS84 ZONA: 18Q NORTE</p> <p>ELABORADO POR: ING. RENE ALDO MARTÍNEZ LÓPEZ SEPTIEMBRE DEL 2014</p>
--	---	---

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

CAPÍTULO V

PROYECTO:

“SUPERFICIES LIMITADORAS DE
OBSTÁCULOS DEL AEROPUERTO
INTERNACIONAL DE CANCÚN”



PROMUEVE: AEROPUERTO DE CANCÚN, S. A. DE C. V.



I. DELIMITACIÓN DEL SISTEMA AMBIENTAL

Si bien se consideró la posibilidad de definir el sistema ambiental conforme al ecosistema donde se pretende desarrollar el proyecto, esto no fue posible debido a la fragmentación total que presenta la vegetación que actualmente subsiste en algunos predios del municipio de Benito Juárez debido al crecimiento constante de la mancha urbana.

Ante dicho panorama, se optó por definir el sistema ambiental conforme a la superficie que ocupa la UGA 21 denominada “Zona urbana de Cancún” y la UGA 23 “Parque Urbano Kabah” (como predio testigo), establecidas en el decreto mediante el cual se modifica el Programa de Ordenamiento Ecológico Local del Municipio de Benito Juárez aplicable al predio del proyecto.

Por lo anterior, la superficie que abarca el Sistema Ambiental propuesto (UGAS 21 y 23) corresponde a 34,975.23 hectáreas, de acuerdo con la ficha técnica de dichas UGAS propuestas en el POEL de referencia (ver plano de la página siguiente).

II. CARACTERIZACIÓN Y ANÁLISIS DEL SISTEMA AMBIENTAL

El objetivo de este apartado se orienta a ofrecer una caracterización del medio en sus elementos bióticos y abióticos, describiendo y analizando, en forma integral, los componentes del sistema ambiental del sitio donde se establecerá el proyecto, todo ello con el objeto de hacer una correcta identificación de sus condiciones ambientales y de las principales tendencias de desarrollo y/o deterioro.

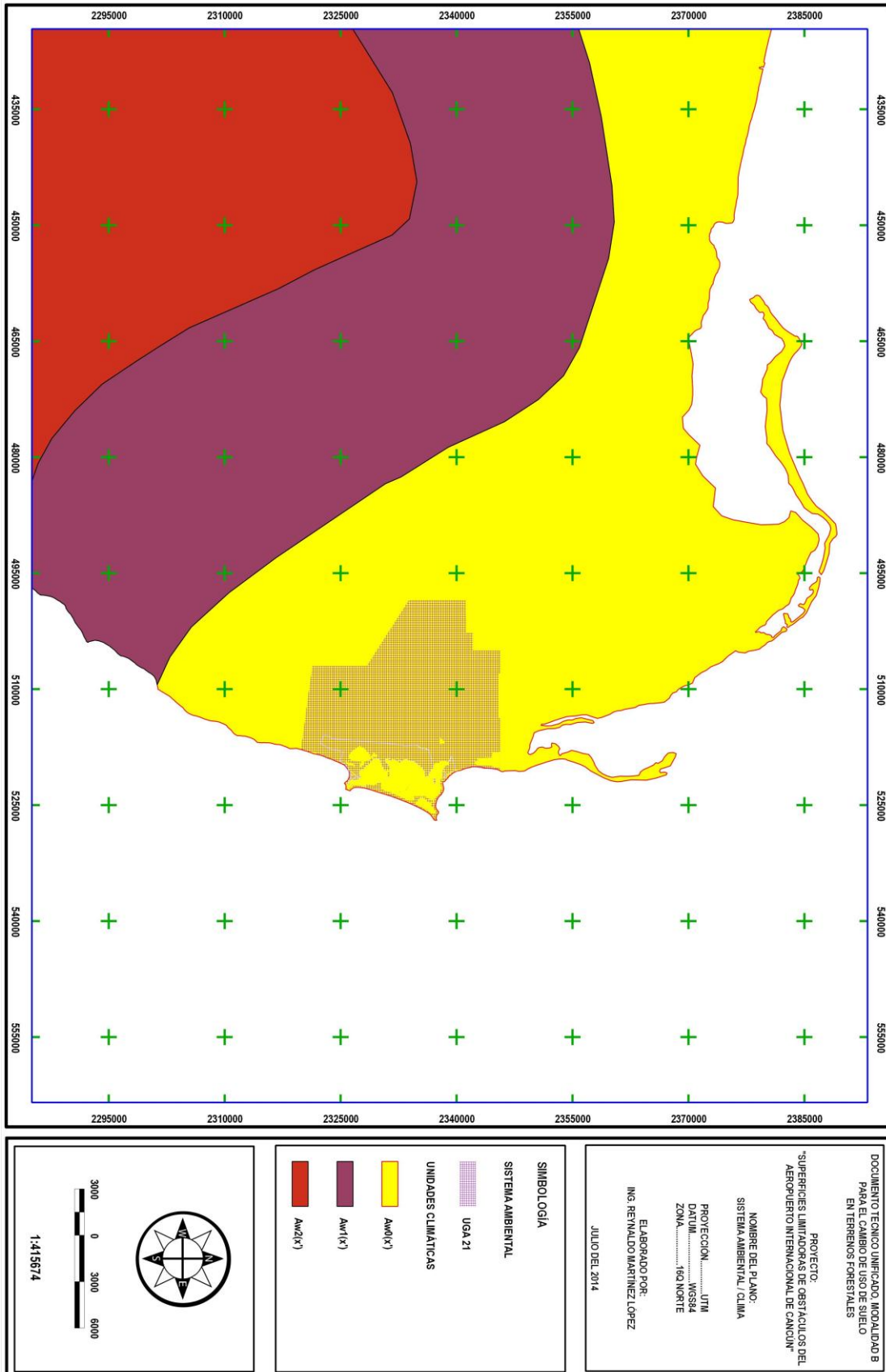
1. MEDIO ABIÓTICO

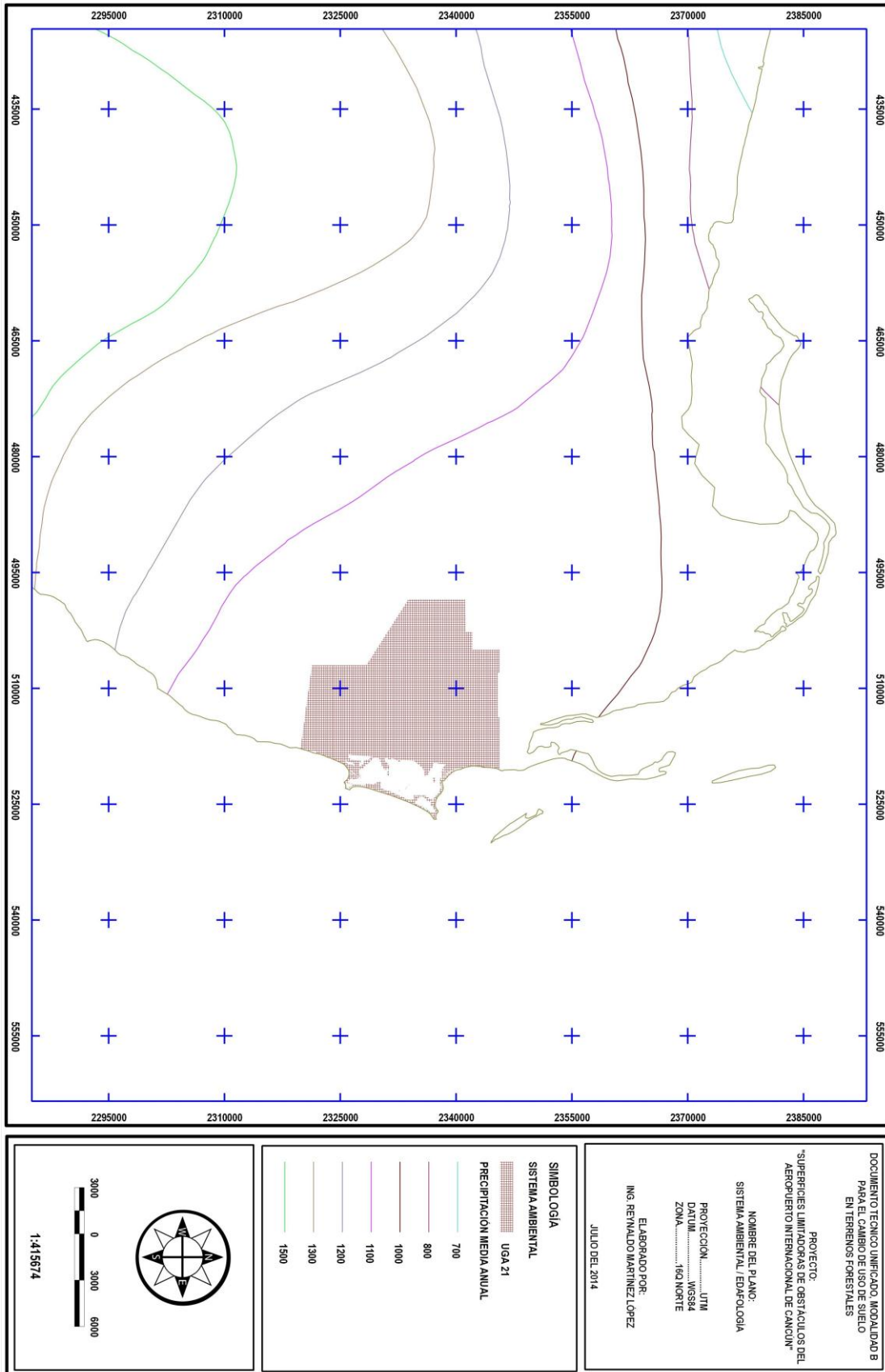
1.1. Clima

De acuerdo con la clasificación de Köppen, modificada por García (1983), el sistema ambiental se ubica en el subtipo climático cálido subhúmedo Aw0(x'), el cual se distingue por los siguientes parámetros (ver plano de la página 3).

Temperatura media anual. De acuerdo con los registros de la estación meteorológica de Cancún a cargo de la Comisión Nacional del Agua, la temperatura promedio anual durante el periodo 1981 – 2010 es de 27.3°C, siendo agosto el mes más caluroso con una temperatura promedio de 29.7°C, con una máxima de 34.8°C. Asimismo, enero es el mes más frío con una temperatura promedio anual de 24.1°C y mínima de 19.9°C.

Precipitación media anual. Según la carta de precipitación media anual del INEGI, el sistema ambiental se ubica en una zona que presenta un rango de precipitación que va desde los 1000 a los 1100 mm anuales; sin embargo, con base en los registros mensuales y anuales promedio obtenidos de la estación meteorológica de Cancún, se tiene que los meses de menor precipitación media anual rondan alrededor de los 40 mm; la precipitación media anual es de 1,300 mm y el periodo de secas se presenta de febrero a abril. La precipitación se puede incrementar por tormentas tropicales, nortes o huracanes. Los meses con mayor precipitación pluvial son junio, septiembre y octubre (ver plano de la página 4).





1.2. Vientos

En el sistema ambiental, los vientos alisios predominan durante todo el año, debido a la influencia de las corrientes descendentes subtropicales que emigran de las zonas de alta presión hacia las zonas de baja presión ecuatorial, manifestando cambios en su dirección y velocidad en el transcurso del año. En los primeros meses del año (enero-mayo), los vientos tienen una dirección Este-Sureste y mantienen velocidad promedio de 3.2 m/seg. Para el lapso de Junio a Septiembre, los vientos circulan en dirección Este, incrementando su velocidad promedio hasta 3.5 m/seg. Finalizando el año, en Noviembre y Diciembre, la dirección del viento cambia hacia el Norte y presenta velocidades de 2 m/seg., lo que coincide con el inicio de la temporada de “Nortes”.

1.3. Intemperismos severos

El sistema ambiental, por su ubicación geográfica, se encuentra en una zona de elevado riesgo a los efectos de eventos hidrometeorológicos de gran intensidad ya que se localizan en la ruta de ciclones cuyo origen son las zonas ciclogénicas del Caribe (alrededor de los 13 grados latitud norte y 65 grados longitud oeste) y sur de las islas Cabo Verde (cerca de los 12 grados latitud norte y 57 grados longitud oeste).

En los últimos 25 años en el Atlántico se han generado 497 eventos ciclónicos (depresiones, tormentas y huracanes) de los cuales 13 han afectado directamente la zona norte de Quintana Roo, y por ende, el sistema ambiental, y dos de ellos han sido considerados de grandes magnitudes y devastadores para la zona de estudio; dichos eventos corresponden a Gilberto en 1988 y Wilma en 2005.

1.4. Intemperismos no severos

Los nortes, otros fenómenos atmosféricos de ocurrencia en el sistema ambiental, son masas de aire polar que resultan durante el otoño y el invierno, provocando el descenso de la temperatura, precipitaciones intensas y fuertes vientos que en ocasiones alcanzan velocidades de hasta 90 kilómetros por hora. Su intensidad es capaz provocar cambios en la fisiografía de la playa así como derribar árboles tierra adentro.

En los últimos años los efectos de los intemperismos severos han ocasionado pérdidas económicas y ambientales de consideración que han afectando fuertemente la industria turística costera y los ecosistemas de la península. Dentro del área de estudio, las principales afectaciones se reflejan en árboles dañados (derribados y muertos en pie), reduciendo con ello la calidad ecosistémica y la capacidad brindar refugio a ciertas especies de vertebrados.

1.5. Hidrología

El sistema ambiental se caracteriza por la carencia de corrientes superficiales de agua debido a la naturaleza cárstica del terreno y al relieve ligeramente plano que presenta alta permeabilidad. Al no existir flujos superficiales permanentes, la porción del agua pluvial que no se pierde por evapotranspiración, se infiltra al suelo, produciendo una saturación de las capas superficiales y por consiguiente su incorporación al acuífero subterráneo.

De acuerdo con la carta hidrológica de aguas superficiales de INEGI, el sistema ambiental pertenece a la Región Hidrológica 32, Yucatán Norte (ver plano de la página siguiente) y corresponde a una porción de la cuenca 32A Quintana Roo. En esta cuenca el escurrimiento superficial es mínimo y la infiltración es alta; en la porción continental existen numerosos cenotes, aguadas y algunas lagunas pequeñas como Punta Laguna.

Al sur de la región hidrológica existe una zona de veda denominada Benito Juárez y Cozumel que afecta a los municipios del mismo nombre. Por otro lado, se localizan dos zonas de concentración de pozos, que se utilizan para el abastecimiento de agua potable de Cancún e Isla Mujeres.

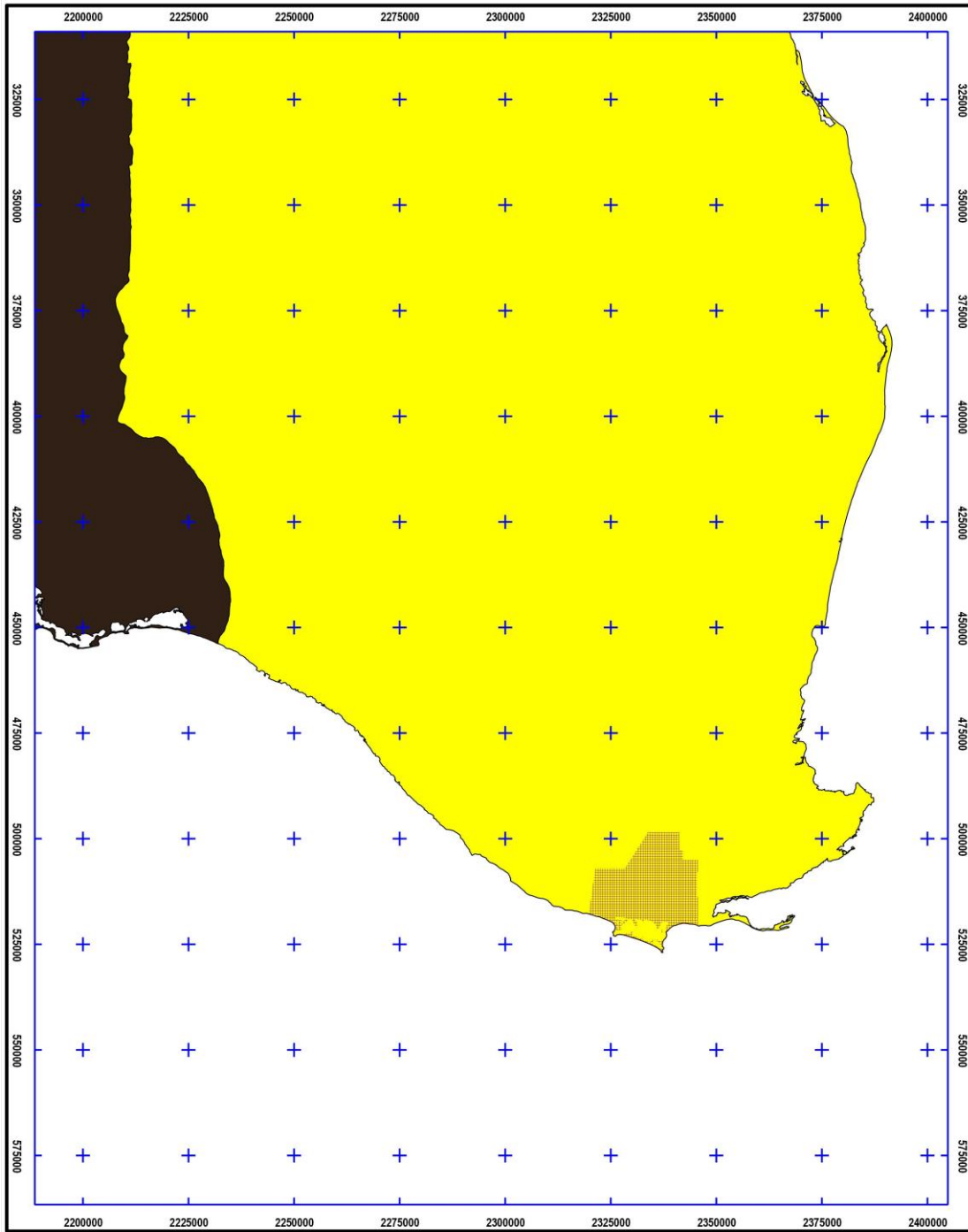
Respecto a la hidrología subterránea, en el sistema ambiental el agua subterránea se mueve en dirección a la costa. En los estratos consolidados la porosidad primaria puede alcanzar valores hasta del 10%, siendo el principal almacenamiento del agua en el karst y las facturas el principal conducto para su desplazamiento. En función de las diferencias estructurales de los estratos inferiores al nivel freático, éstos se clasifican como: cavernas, de fracturas y de matriz; y de acuerdo a su comportamiento hidráulico funcionan según los tres tipos de medios siguientes: medio de almacenamiento, que corresponde a la matriz porosa; medio de transporte constituido por fracturas, que se comparan a los pasajes a través de los cuales se establece la circulación del agua subterránea y como medio de control, el cual conecta cavernas desarrolladas total o parcialmente a través de la roca cárstica dando lugar a una superficie freática estable.

1.6. Fisiografía

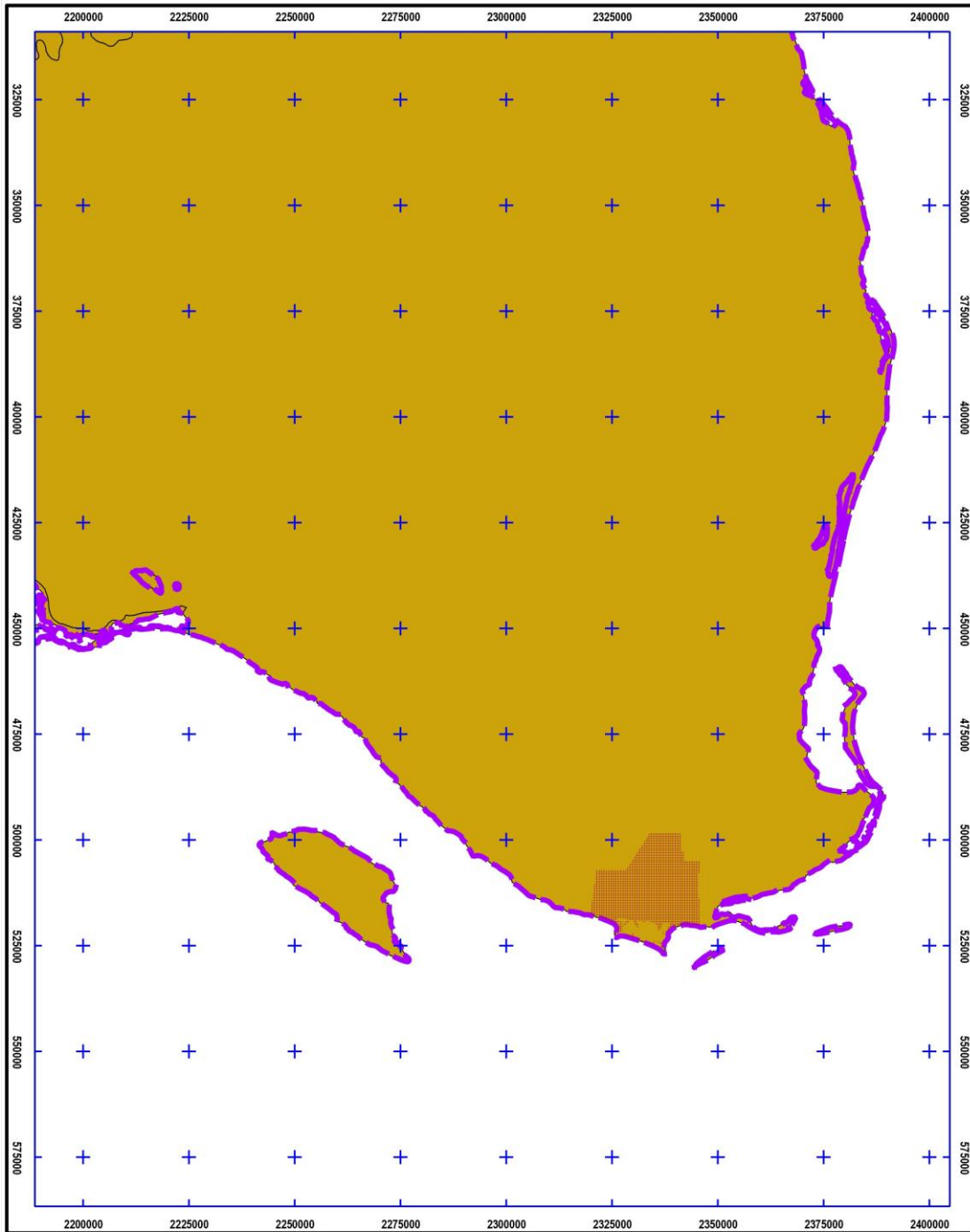
El sistema ambiental se alberga dentro de una gran provincia fisiográfica denominada Península de Yucatán. La mayor parte de esta provincia está constituida por estratos calizos más o menos horizontales que hacen de ella una región relativamente plana, cuyas mayores alturas se acercan a los 300 msnm hacia el centro de la península cerca del límite con Campeche y en la parte suroeste del estado extendiéndose esta zona con dirección aproximada Norte-Sur.

En términos de subprovincias fisiográficas; el área de estudio se localiza en la subprovincia denominada Carso Yucateco (ver plano de la página 8) que abarca las porciones Centro y Norte del estado. Dentro de sus características, podemos mencionar que dicha subprovincia está formada en una losa calcárea cuya topografía se caracteriza por la presencia de carsticidad, ligera pendiente descendente hacia el Este y hacia el Norte hasta el nivel del mar; con un relieve ondulado en el que se alternan crestas y depresiones; con elevaciones máximas de 22 m en su parte Suroeste.

Dada la solubilidad de las rocas, son frecuentes las dolinas y depresiones en donde se acumulan arcillas de descalcificación. Además, muestran una superficie rocosa poco ondulaciones y carece en su mayor parte de un sistema de drenaje superficial. En su porción litoral son frecuentes las salientes rocosas, caletas, pequeños escarpes, cordones y espolones, así como lagunas pantanosas intercomunicadas con el mar por canales o bocas y extensas zonas de inundación con vegetación de manglar.



<p>5000 0 5000 10000 1:331349</p>	<p>SIMBOLOGÍA</p> <p>SISTEMA AMBIENTAL</p> <p>UGA 21</p> <p>REGIONES HIDROLOGICAS</p> <p>Yucatan Este</p> <p>Yucatan Norte</p>	<p>DOCUMENTO TÉCNICO UNIFICADO, MODALIDAD B PARA EL CAMBIO DE USO DE SUELO EN TERRENOS FORESTALES</p> <p>PROYECTO: "SUPERFICIES LIMITADORAS DE OBSTACULOS DEL AEROPUERTO INTERNACIONAL DE CANCÚN"</p> <p>NOMBRE DEL PLANO: SISTEMA AMBIENTAL / HIDROLOGIA</p> <p>PROYECCION: UTM DATUM: WGS84 ZONA: 18Q NORTE</p> <p>ELABORADO POR: ING. RENALDO MARTINEZ LOPEZ</p> <p>JULIO DEL 2014</p>
---------------------------------------	---	---



	<p>SIMBOLOGÍA</p> <p>SISTEMA AMBIENTAL</p> <p>UGA 21</p> <p>PROVINCIAS FISIográfICAS</p> <p>Península de Yucatán</p> <p>SUBPROVINCIAS FISIográfICAS</p> <p>Cerro Yucateco</p>	<p>DOCUMENTO TÉCNICO UNIFICADO, MODALIDAD B PARA EL CAMBIO DE USO DE SUELO EN TERRENOS FORESTALES</p> <p>PROYECTO: "SUPERFICIES LIMITADORAS DE OBSTÁCULOS DEL AEROPUERTO INTERNACIONAL DE CANCÚN"</p> <p>NOMBRE DEL PLANO: SISTEMA AMBIENTAL / FISIografía</p> <p>PROYECCIÓN: UTM DATUM: WGS84 ZONA: 18Q NORTE</p> <p>ELABORADO POR: ING. RENALDO MARTÍNEZ LÓPEZ</p> <p>JULIO DEL 2014</p>
--	--	--

1.7. Geología

El sistema ambiental por sus características geológicas se define como una estructura relativamente joven, se origina sedimentario con formaciones rocosas sobre las cuales se han depositado arenas y estructuras de origen orgánico marino que han dado forma a una losa caliza consolidada con fracciones en proceso de consolidación.

De acuerdo con las cartas geológicas del INEGI, las unidades litológicas superficiales en el sistema ambiental están compuestas por rocas sedimentarias originadas desde el Terciario Superior (Ts) o Sistema Neógeno hasta el Cuaternario (Q), encontrándose que las rocas más antiguas son calizas dolomitizadas, silicificadas y recristalizadas, de coloración clara y con delgadas intercalaciones de margas y yeso.

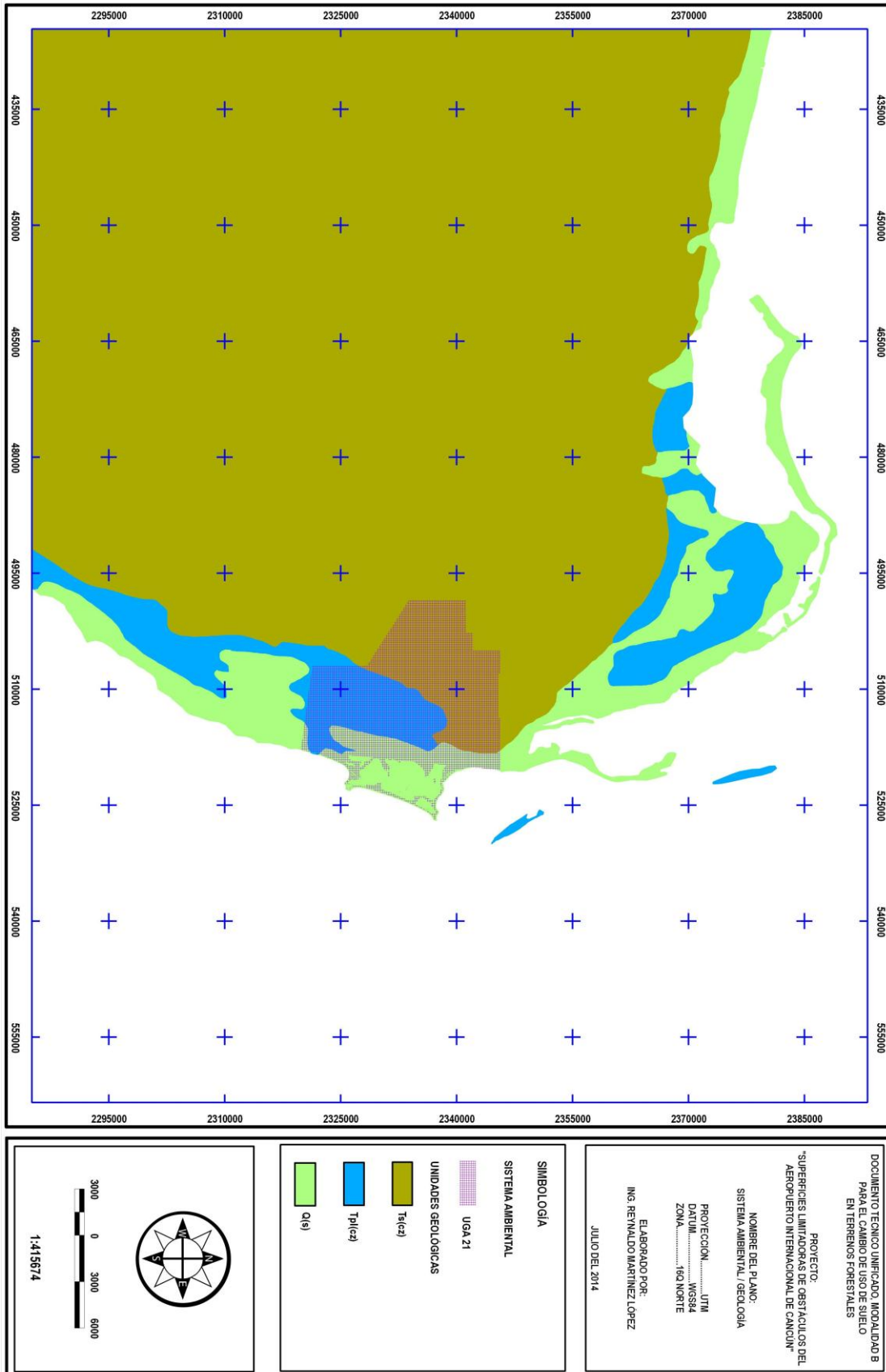
El lecho rocoso calizo es de la Era Terciaria (Plioceno, Mioceno), con las porciones norte debido a la estructura calcárea de la plataforma no existen corrientes acuáticas superficiales, filtrándose el agua rápidamente formando un manto freático de poca profundidad, lo que provoca un paisaje subterráneo característico del ambiente kárstico, compuesto por grutas, corrientes subterráneas y cenotes (Weidie 1985).

Su geología se encuentra integrada por unidades litológicas de tipo lacustre (5.58%). A continuación se describen las unidades geológicas presentes en el sistema ambiental (ver plano de la página siguiente).

Roca sedimentaria caliza: Tpl (cz).- esta unidad se presenta en forma de franjas cercanas al litoral, por lo que presenta gran cantidad de fragmentos de conchas, corales y esponjas. Estas rocas calizas están formadas por un cuerpo masivo coquinífero, poco compacto, denominado localmente como "sascab" que se encuentra cubierto por calizas laminares dispuestas en capas delgadas y medianas con un echado horizontal. Su ambiente de depósito es de plataforma de aguas poco profundas y su relieve es de lomeríos de poca elevación paralelos a la línea de costa.

Suelo Lacustre: Q(s).- esta unidad se presenta en forma de franjas paralelas al litoral, está formada por lodos calcáreos, arcillas y arenas acumuladas en lagunas someras que se comunican con el mar a través de canales de marea y se encuentran separadas por un cordón litoral. Por su relieve corresponde a planicies inundables.

Roca caliza del Terciario plioceno: Ts (cz).- está formada en su parte inferior por un cuerpo masivo coquinífero, poco compacto, cubierto por calizas laminares con estratificación cruzada que presenta dos buzamientos diferentes con ángulos distintos de inclinación. Estas calizas de texturas ooespatíticas, bioespatíticas y bioesparudíticas, están formadas por fragmentos de conchas de pelecípodos y gasterópodos y por algunos restos de corales y esponjas. Su parte superior está conformada por calizas de textura ooespatita, bioespatita y biomicrita, dispuesta en capas delgadas y medianas de color blanco, con un echado horizontal.



1.8. Edafología

El origen geológico de la Península de Yucatán es reciente y se compone de rocas sedimentarias producto de la acción del clima sobre los estratos geológicos, así las rocas calizas afectadas por las altas temperaturas y la gran cantidad de agua de lluvia, han generado suelos denominados rendzinas, que son los que cubren la mayor parte del Estado de Quintana Roo.

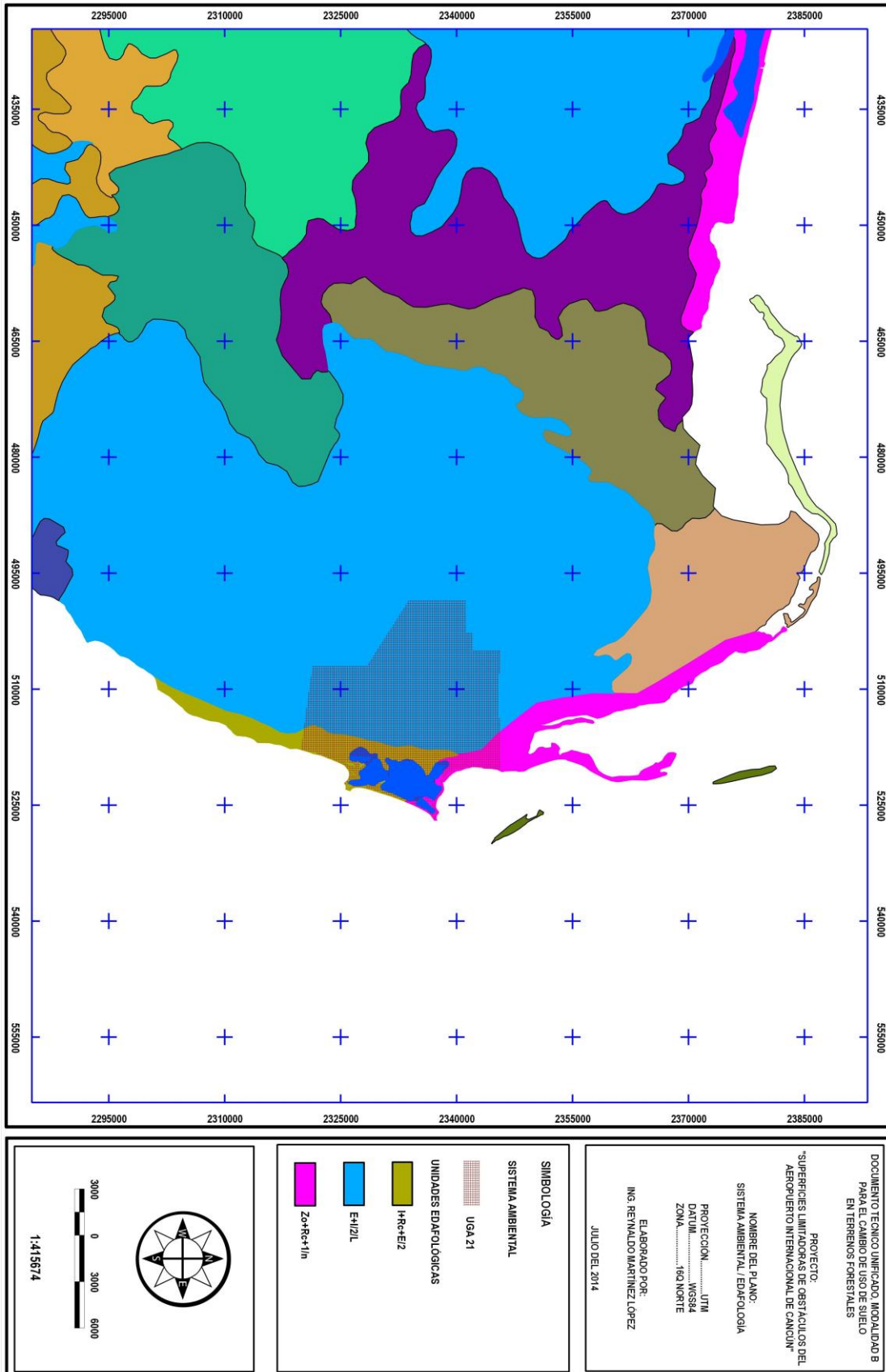
La descripción de los grupos edáficos identificados en el sistema ambiental (ver plano de la página siguiente), va de lo general a lo particular, considerando que cada uno se encuentra compuesto por dos o más unidades o subunidades de suelo, cuya mezcla provee de características particulares a cada grupo (Fuente: INEGI, Banco de Información sobre Perfiles de Suelo, versión 1.0).

1.8.1. Unidades y subunidades de suelo identificadas en el sistema ambiental

Unidad Rendzina (símbolo: E), del polaco rzedzic: ruido; connotativo de suelos someros que producen ruido con el arado por su pedregosidad. Son suelos con menos de 50 cm de espesor que están encima de rocas duras ricas en cal. La capa superficial es algo gruesa, oscura y rica en materia orgánica, y nutrientes. Se caracterizan por tener una capa superficial abundante en materia orgánica y muy fértil que descansa sobre roca caliza o materiales ricos en cal. Generalmente las rendzinas son suelos arcillosos y poco profundos (por debajo de los 25 cm) pero llegan a soportar vegetación de selva alta perennifolia. Si se desmontan se pueden usar en la ganadería con rendimientos bajos a moderados pero con gran peligro de erosión en laderas y lomas. El uso forestal de estos suelos depende de la vegetación que presenten. Son moderadamente susceptibles a la erosión y no tienen subunidades.

Unidad Litosol (símbolo: I), del griego lithos: piedra; literalmente, suelo de piedra. Son suelos muy delgados, su espesor es menor a 10 cm, y descansa sobre un estrato duro y continuo, tal como roca, tepetate o caliche. Son los suelos más abundantes del país pues ocupan 22 de cada 100 hectáreas de suelo. Se encuentran en todos los climas y con muy diversos tipos de vegetación. Su fertilidad natural y la susceptibilidad a la erosión es muy variable dependiendo de otros factores ambientales. El uso de estos suelos depende principalmente de la vegetación que los cubre. En bosques y selvas su uso es forestal; cuando hay matorrales o pastizales se puede llevar a cabo un pastoreo más o menos limitado y en algunos casos se destinan a la agricultura, en especial al cultivo de maíz o el nopal, condicionado a la presencia de suficiente agua. No tiene subunidades.

Solonchak (símbolo: Z). Del ruso sol: sal; literalmente suelos salinos. Se presentan en zonas donde se acumula el salitre, tales como lagunas costeras y lechos de lagos, o en las partes más bajas de los valles y llanos de las regiones secas del país. Tienen alto contenido de sales en todo o alguna parte del suelo. La vegetación típica para este tipo de suelos es el pastizal u otras plantas que toleran el exceso de sal (halófilas). Su empleo agrícola se halla limitado a cultivos resistentes a sales o donde se ha disminuido la concentración de salitre por medio del lavado del suelo. Su uso pecuario depende del tipo de pastizal pero con rendimientos bajos. Son suelos alcalinos con alto contenido de sales en alguna capa a menos de 125 cm de profundidad. Para la cuenca se identificó la **subunidad Solonchak órtico** (símbolo: Zo), del griego orthos: recto, derecho. Suelos que no presentan características de otras subunidades existentes en ciertos tipos de suelo. Se trata de un Solonchak con una capa superficial clara y pobre en materia orgánica, y nutrientes.



Regosoles (símbolo: *R*), del griego *reghos*: manto, cobija o capa de material suelto que cubre a la roca. Son suelos sin estructura y de textura variable, muy parecidos a la roca madre. Son suelos ubicados en muy diversos tipos de clima, vegetación y relieve. Tienen poco desarrollo y por ello no presentan capas muy diferenciadas entre sí. En general son claros o pobres en materia orgánica, se parecen bastante a la roca que les da origen. En México constituyen el segundo tipo de suelo más importante por su extensión (19.2%). Muchas veces están asociados con Litosoles y con afloramientos de roca o tepetate. Frecuentemente son someros, su fertilidad es variable y su productividad está condicionada a la profundidad y pedregosidad. Para la cuenca se identificó la **subunidad Regosol calcárico** (símbolo: *Rc*), del latín *calcareum*: calcáreo. Suelos ricos en cal y nutrientes para las plantas. Se trata de un tipo de regosol con algo de cal a menos de 50 cm de profundidad.

1.8.2. Clase textural de los tipos de suelo identificados en el sistema ambiental

La clase textural indica el tamaño general de las partículas que forman el suelo y que en la carta aparecen con números. El número 1 representa los suelos arenosos de textura gruesa (con más de 65% de arena), con menor capacidad de retención de agua y nutrientes para las plantas. El número 2 se refiere a suelos de textura media, comúnmente llamados francos, equilibrados generalmente en el contenido de arena, arcilla y limo. El número 3 representa suelos arcillosos de textura fina (con más de 35% de arcilla) que tienen mal drenaje, escasa porosidad, son por lo general duros al secarse, se inundan fácilmente y son menos favorables al laboreo.

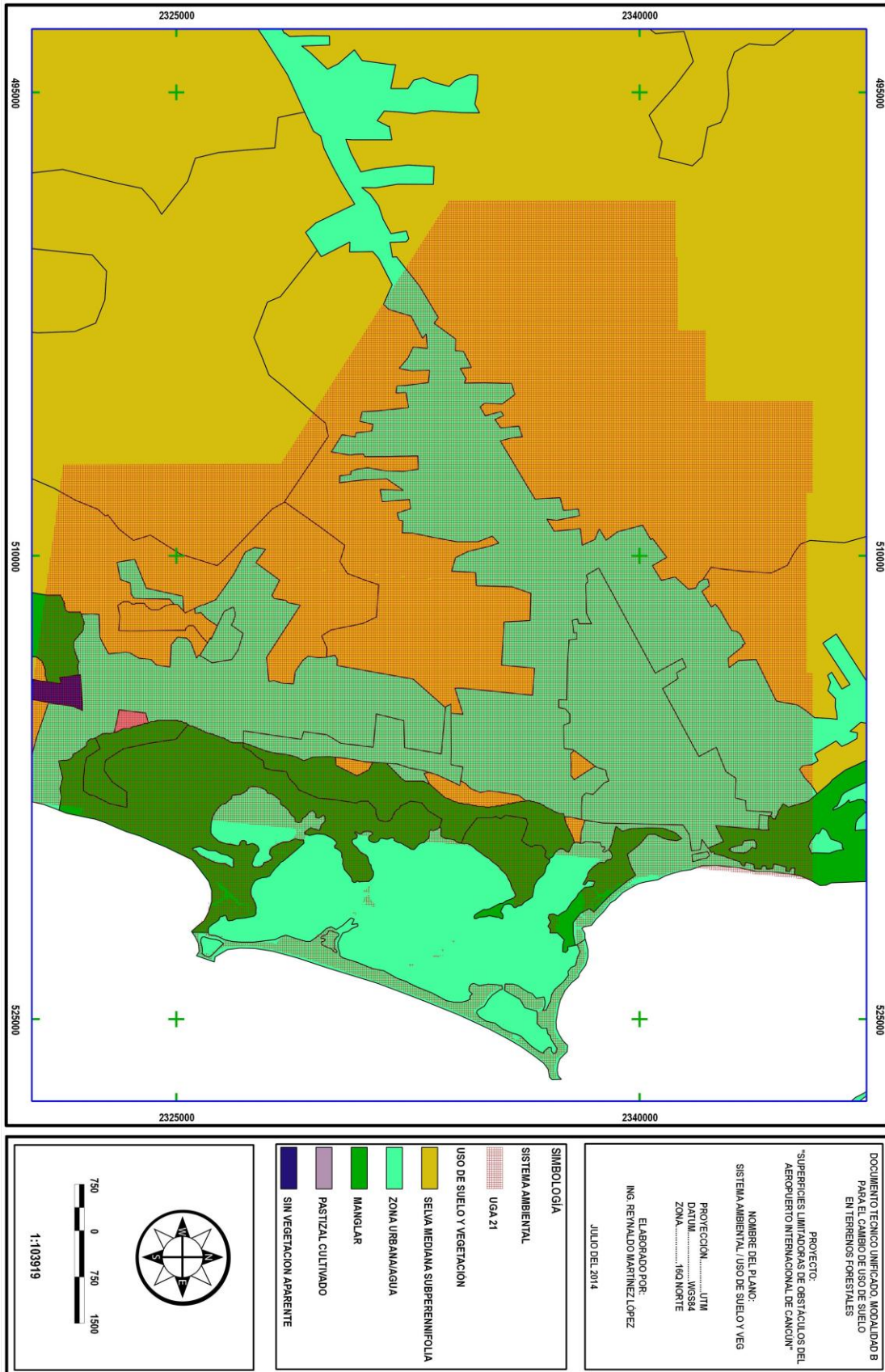
1.8.3. Clasificación de los suelos identificados en el sistema ambiental

- ▶ **E+I/2/L**. Rendzina como suelo predominante más Litosol como suelo secundario; con clase textural media.
- ▶ **Zo+Rc/1/n**. Solonchak órtico como suelo predominante más Regosol calcárico como suelo secundario; con clase textural gruesa.
- ▶ **I+Rc+E/2**. Litosol como suelo predominante más Regosol calcárico como suelo secundario, y Rendzina como suelo terciario; con clase textural media.

2. MEDIO BIÓTICO

2.1. Vegetación

Como fuente oficial podemos citar que de acuerdo con la carta de uso de suelo y vegetación (serie IV, escala 1:250000), en el sistema ambiental es posible observar cuatro tipos de vegetación: Selva mediana subperennifolia, Manglar y Pastizal cultivado (ver plano de la página siguiente); y entre los usos de suelo identificados observamos áreas sin vegetación aparente y asentamientos humanos (zona urbana), los cuales se describen en los siguientes apartados.



A continuación se describen de manera general los tipos de vegetación reportados dentro del sistema ambiental definido para el proyecto:

Selva Mediana Subperennifolia (SMQ). Se desarrolla en 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 grados centígrados. La precipitación total anual es del orden de 1000 a 1 600 mm. Se le puede localizar entre los 0 a 1300 metros sobre el nivel medio del mar. 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 son predominantemente rocas cársticas. Sus árboles de esta comunidad, al igual que los de la selva alta perennifolia, tienen contrafuertes y por lo general poseen muchas epífitas y lianas. Los árboles tienen una altura media de 25 a 35 m, alcanzando un diámetro a la altura del pecho menor que los de la selva alta perennifolia aún 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 a 35 m. Formando parte de los estratos (especialmente del bajo y del medio) se encuentran las palmas.

Especies importantes: *Lysiloma latisiliquum*, *Brosimum malicastrum* (ox, ramón, capomo), *Bursera simaruba* (chaka', palo mulato, jote, copal), *Manilkara zapota* (ya',zapote, chicozapote), *Lysiloma spp.* (tsalam, guaje, tepeguaje), *Vitex gaumeri* (ya'axnik), *Bucida buceras* (pukte'), *Alseis yucatanensis* Ua'asché), *Carpodiptera floribunda*. En las riberas de los ríos se nota a *Pachira aquatica* (k'uyche'). Las epífitas más comunes son algunos helechos y musgos, abundantes orquídeas y bromeliáceas y aráceas

Manglar (VM). Es una comunidad densa, dominada principalmente por un grupo de especies arbóreas cuya altura es de 3 a 5 m, pudiendo alcanzar hasta los 30 m. Una característica que presenta los mangles son sus raíces en forma de zancos, cuya adaptación le permite estar en contacto directo con el agua salobre, sin ser necesariamente plantas halófitas. Se desarrolla en zonas bajas y fangosas de las costas, en lagunas, esteros y estuarios de los ríos. La composición florística que lo forman son el mangle rojo (*Rhizophora mangle*), mangle salado (*Avicennia germinans*), mangle blanco (*Laguncularia racemosa*) y mangle botoncillo (*Conocarpus erectus*). El uso principal desde el punto de vista forestal es la obtención de taninos para la curtiduría, la madera para la elaboración de carbón, aperos de labranza y embalses. Una característica importante que presenta la madera de mangle es la resistencia a la putrefacción. Pero quizá el uso más importante que presenta el manglar es el albergue de muchas especies de invertebrados como los moluscos y crustáceos, destacando el camarón y el ostión cuyo valor alimenticio y económico es alto.

Pastizal cultivado. Ecosistemas constituidos por comunidades herbáceas en las que predominan las gramíneas y las graminoides, cuyo origen obedece a condiciones de perturbación por sobrepastoreo.

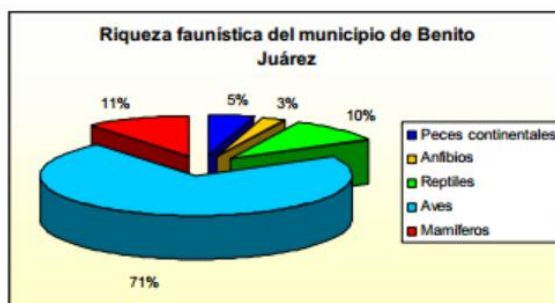
2.2. Fauna

Si bien no existe un estudio faunístico confiable que determine el número de especies que se distribuyen específicamente dentro del sistema ambiental propuesto, se optó por considerar lo citado en la literatura respecto a los registros de fauna reportados a nivel municipal.

De acuerdo con los resultados, la riqueza faunística del municipio se estima en 566 especies, siendo el grupo de las aves el que presenta el mayor número con el 71% del total de las especies. Asimismo, es

sobresaliente que 123 especies (21%) se encuentran incluidas en la Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010 bajo alguna categoría de riesgo, trece de las cuales son consideradas endémicas para la Península de Yucatán, tal como se presente en la siguiente tabla y gráfica (Servicios ambientales y Jurídicos, S. C., 2011)¹.

FAUNA							
GRUPO	REGISTROS						ENDÉMICOS
	ESPECIES	FAMILIAS	NOM-059	P	A	Pr	
Peces continentales	26	15	2	1	1	0	2
Anfibios	15	7	3	0	0	3	1
Reptiles	57	19	27	4	9	14	1
Aves	406	65	78	11	19	48	6
Mamíferos	62	26	13	7	6	0	3
TOTALES	566	132	124	23	35	65	13



3. MEDIO SOCIOECONÓMICO

Considerando que el sistema ambiental abarca el centro de población de la Ciudad de Cancún, así como la localidad de Alfredo V. Bonfil, el medio socioeconómico del sistema ambiental se describe considerando los aspectos sociales y económicos que caracterizan a ambas localidades (tomado de Servicios ambientales y Jurídicos, S. C., 2011)².

3.1. Tamaño de la población y tendencias de crecimiento

Cancún es la localidad que concentra mayor cantidad de población, seguida de Alfredo V. Bonfil, como se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 35.- Evolución de la Población y Tasas de Crecimiento del Municipio Benito Juárez

Año	Población						TMCA c/10 años			TMCA c/5 años			
	1980	1990	1995	2000	2005	2010	80-90	90-00	00-10	90-95	95-00	00-05	05-10
Benito Juárez	37,190	176,765	311,696	419,815	572,973	661,176	16.9	9.0	4.6	12.0	6.1	6.4	2.9
Cancún	33,273	167,730	297,183	397,191	526,701	628,306	17.6	9.0	4.7	12.1	6.0	5.8	3.6
Alfredo V. Bonfil	848	2,696	5,418	8,148	13,822	14,900	12.3	11.7	6.2	15.0	8.5	11.1	1.5
Leona Vicario	1,377	2,432	3,503	4,599	5,358	6,517	5.9	6.6	3.5	7.6	5.6	3.1	4.0
Puerto Morelos y Joaquín Zetina Gasca	672	1,380	2,208	3,438	7,726	9,188	7.5	9.6	10.3	9.9	9.3	17.6	3.5
Resto del Municipio		2,527	3,384	6,439	19,366	2,265	9.8	NA*		6.0	13.7	24.6	NA*

Fuente: En base a Censos Generales y Conteos de población y Vivienda, INEGI

¹ Servicios Ambientales y Jurídicos, S. C. 2011. Modificación al Programa de Ordenamiento Ecológico Local del Municipio de Benito Juárez, Q. Roo. Etapa de Caracterización. H. Ayuntamiento de Benito Juárez, Quintana Roo, México.

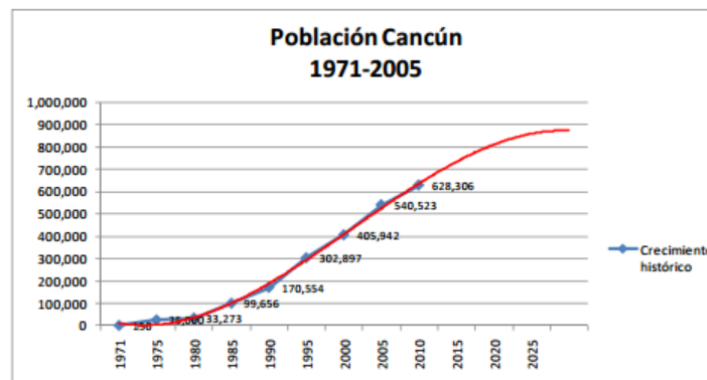
² Ibidem

Lo anterior se confirma al analizar la distribución de la población de acuerdo al tamaño de la localidad (en número de viviendas), ya que sólo la ciudad de Cancún alberga 628,306 habitantes, lo que representa que el 95.03% del total de la población en el municipio vive en esta ciudad. Seguido en orden de importancia encontramos a Alfredo V. Bonfil con 14,900 habitantes que representa el 2.25% de la superficie total.

En la siguiente tabla se muestra la superficie que ocupa actualmente la mancha urbana en las localidades que son objeto de análisis:

Localidad	Superficie (hectáreas)
Cancún	15,451.29 Ha
Alfredo V. Bonfil	3,562.30 Ha
Puerto Morelos	396.08 Ha
Leona Vicario	412.02 Ha

Del análisis de las tendencias del crecimiento poblacional de la ciudad de Cancún entre 1971 y 2005, se obtuvo el siguiente gráfico que expresa la proyección del crecimiento en un lapso de 20 años, mostrando que la tasa de crecimiento ha comenzado a disminuir, aunque todavía faltarían unos 15 años más para comenzar a entrar a una fase de estabilización.



3.2. Demografía

En la siguiente gráfica se describe la estructura de la población en las localidades de Cancún y Alfredo V. Bonfil.



La estructura de la población, mostrada en relación a grupos de edad menores a 25 años (como dependientes económicos), de 26 a 59 años (como grupo de población económicamente activa) y mayores a 60 años (como gente de la 3ª edad) muestran que en la población de Bonfil existe una mayor proporción de dependientes económicos (menores a 25 años) propiciada por procesos migratorios de la Población Económicamente Activa buscando oportunidades de trabajo en Cancún o Puerto Morelos. Además de que la tasa de natalidad y de adultos mayores a 60 años, también es mayor en esa localidad.

En la siguiente tabla se presentan los datos demográficos específicos para la localidad de Bonfil (tomado de (<http://www.microrregiones.gob.mx/catloc/contenido.aspx?refnac=230050002>)).

Año	2005			2010		
Datos demográficos	Hombres	Mujeres	Total	Hombres	Mujeres	Total
Total de población en la localidad	6,997	6,825	13,822	7,639	7,261	14,900
Viviendas particulares habitadas	3,421			3,720		
Grado de marginación de la localidad (Ver indicadores)	Bajo			Medio		
Grado de rezago social localidad (Ver indicadores)	2 bajo			Muy bajo		
Indicadores de carencia en vivienda (Ver indicadores)						

3.3. Inmigración

De las dos localidades en estudio, Cancún destaca por concentrar la mayor parte de la población migrante, ya que el 94% radica en esta Localidad. En la siguiente tabla se presenta el grado de inmigración en ambas localidades³.

Nombre de la localidad	Población 2010	Grado de marginación de la Localidad 2010	Ámbito
Alfredo V. Bonfil	14,900	Medio	Urbano
Cancún	628,306	Bajo	Urbano

3.4. Vivienda

En la ciudad de Cancún se estiman 186,121 viviendas, con un promedio de 152 m² por lote y 82 m² de construcción; mientras que las viviendas en vecindad representan el 8% del total.

En la localidad de Bonfil se encuentran 3421 viviendas, de las cuales el 2.11% disponen de una computadora. A continuación se presentan los indicadores de carencia de viviendas en la localidad.

Indicadores de carencia en viviendas

Alfredo V. Bonfil	2005 [1]		2010 [2]	
	Valor	%	Valor	%
Viviendas particulares habitadas	3,421		3,720	
Carencia de calidad y espacios de la vivienda				
Viviendas con piso de tierra	75	3.16	63	1.70
Carencia de acceso a los servicios básicos en las viviendas particulares habitadas				
Viviendas sin drenaje	33	1.40	28	0.76
Viviendas sin luz eléctrica	1,079	31.54	62	1.67
Viviendas sin agua entubada	1,192	50.38	2,566	69.46
Viviendas sin sanitario	1,116	32.62	61	1.64

Nota: Para el cálculo se excluyen las viviendas no especificadas.

Fuente: [1] Elaboración propia a partir de INEGI. II Censo de Población y Vivienda 2005.

[2] Elaboración propia a partir de INEGI. Censo de Población y Vivienda 2010: Principales Resultados por Localidad.

³ Juan Roberto Calderón Maya, Héctor Campos Alanís, Pedro Leobardo Jiménez Sánchez. Análisis de la Marginación Urbana en Cancún, Quintana Roo

3.5. Actividad comercial

De acuerdo con el Padrón Catastral, en Cancún predomina el uso comercial en dos zonas: Zona Hotelera y Zona Centro, se diferencian por presentar predios más grandes en Zona Hotelera, en cambio la Zona Centro registra un coeficiente de uso de suelo mayor.

En el caso de Bonfil, su población se dedica principalmente a actividades de servicio en Cancún y en menor grado a actividades agropecuarias. Dicha población nació de colonos originarios del norte del país, los cuales contribuyeron al aumento demográfico de Quintana Roo.

4. MEDIO PERCEPTUAL (PAISAJE)

4.1. Caracterización del paisaje

El paisaje se define como la “Extensión de terreno que se ve desde un sitio”. En el sentido de ésta definición, podemos determinar tres componentes básicos del paisaje, como son: 1) el terreno o la cuenca visual; 2) su extensión; y 3) el punto de observación; entendiéndose como:

Cuenca visual. Superficie geográfica visible desde un punto concreto, o dicho de otra manera, es el entorno visual de un punto y constituye el componente fundamental del paisaje, puesto que a partir de él se definen los otros dos componentes (extensión y punto de observación). Para el presente estudio se definió como cuenca visual el área de estudio propuesta, es decir, el Sistema Ambiental definido.

Extensión. Siendo que el Sistema Ambiental se definió como la cuenca visual del paisaje, se determina como extensión del mismo, la superficie que éste ocupa, es decir de 34,937.17 hectáreas.

Punto de observación. Dada la cuenca visual del paisaje y máxime su extensión, se determina como punto de observación, un plano georreferenciado sobre el uso de suelo y vegetación del INEGI, con el propósito de poder observar en forma clara, todas y cada una de las unidades que conforman el paisaje.

Es así, que una vez definida la cuenca visual, así como su extensión y el punto desde el cual será observada, a continuación se presenta la caracterización del paisaje basada en tres aspectos importantes: 1) su visibilidad, 2) su calidad paisajística, y 3) su fragilidad visual, entendiéndose como:

Visibilidad. Conjunto de elementos del paisaje que pueden observarse desde un punto determinado o punto de observación, que se mide desde donde se perciben, cuanto se percibe y como se perciben.

Calidad paisajística. Incluye tres elementos de percepción: las características intrínsecas del sitio, que se definen habitualmente en función de su morfología, vegetación, puntos de agua, etc; la calidad visual del entorno inmediato en él se aprecian otros valores tales como las formaciones vegetales, litología, grandes masas de agua, etc; y la calidad del fondo escénico, es decir, el fondo visual del área donde se establecerá el proyecto.

Fragilidad del paisaje. Es la capacidad del paisaje para absorber los cambios que se produzcan en él. La fragilidad está conceptualmente unida a los atributos anteriormente descritos (visibilidad y calidad paisajística). Los factores que la integran se pueden clasificar en biofísicos (suelos, estructura y diversidad

de la vegetación, contraste cromático, etc.) y morfológicos (tamaño y forma de la cuenca visual, altura relativa, puntos y zonas singulares).

4.2. Análisis de la visibilidad del paisaje

La visibilidad o accesibilidad visual tiene relación directa con los elementos físicos (relieve) y bióticos (vegetación) presentes en el paisaje y cómo éstos se transforman en barreras visuales para los usuarios del recurso. A esto se deben sumar las posibilidades de accesibilidad física (distancia) que tengan los observadores a las distintas porciones del territorio.

El análisis de la visibilidad del paisaje, se define como un análisis espacial del área de estudio, tomando en consideración sus formas, colores, vistas, etc. Para dicho análisis, se consideraron puntos relevantes de observación; esta es la primera etapa en la caracterización y valoración del paisaje con base en su visibilidad, y consiste básicamente en definir Unidades de Paisaje (UP), considerando una agregación ordenada y coherente de las partes elementales del entorno lo más homogénea posible, a través de la repetición de formas y en la combinación de algunos rasgos parecidos (no necesariamente idénticos) en un área determinada.

Para identificar las UP se tomó como punto de partida todos y cada uno de los elementos que integran el paisaje, a través de un inventario de los recursos presentes en la cuenca visual previamente definida; con base en los siguientes criterios:

- ▶ *Áreas de interés escénico*: se identificaron las zonas o sectores que por sus características (formas, líneas, texturas, colores, etc.) otorgan un importante grado de valor estético al paisaje.
- ▶ *Hitos visuales de interés*: se identificaron los elementos puntuales que aportan belleza al paisaje de forma individual, y que por su dominancia en el marco escénico, adquieren significancia para el observador.
- ▶ *Cubierta vegetal dominante*: se identificaron las zonas con cobertura vegetal visualmente dominante en el área de estudio.
- ▶ *Cuerpos de agua*: se identificaron aquellos cuerpos de agua que poseen una significancia visual en el observador.
- ▶ *Intervención humana*: se identificaron las diversas estructuras realizadas por el hombre, ya sean puntuales, extensivas o lineales (camino, líneas de alta tensión, urbanización, jardines, edificios, etc.).

Con base en el inventario realizado conforme a los criterios antes descritos, se definieron 3 unidades de paisaje para el área de estudio propuesta, a saber: **1) Zonas sin vegetación aparente; 2) Vegetación natural; 3) Zona urbana**, de acuerdo con el plano georreferenciado del sistema ambiental según la carta de uso de suelo y vegetación del INEGI (serie IV), presentado en el apartado 2.1 del presente capítulo.

A continuación se describen las unidades de paisaje definidas.

- ▀ *Unidad de paisaje (UP) sin vegetación aparente:* Corresponde a un gran número de zonas dentro del sistema ambiental, que han sido intervenidas a través del cambio de uso de suelo, en donde se observa el suelo totalmente descubierto y sin elementos naturales como la vegetación.
- ▀ *Unidad de paisaje (UP) vegetación natural:* Es una comunidad densa, dominada principalmente por tres tipos de vegetación: Selva mediana subperennifolia (vegetación principal y predominante), pastizal cultivado y manglar.
- ▀ *Unidad de paisaje (UP) Zona urbana:* Corresponde a la mancha urbana y asentamientos humanos ubicados en la ciudad de Cancún.

4.3. Análisis de la calidad visual del paisaje

Para el estudio de la calidad visual del paisaje (calidad paisajística) se utilizó el método indirecto de Bureau of Land Management (BLM, 1980). Este método se basa en la evaluación de las características visuales básicas de los componentes del paisaje. Se asigna un puntaje a cada componente según los criterios de valoración, y la suma total de los puntajes parciales determina la calidad visual, por comparación con una escala de referencia. En la siguiente tabla se presentan los criterios de valoración y puntuación aplicados para evaluar la calidad visual del paisaje (BLM, 1980).

COMPONENTE	CRITERIOS		
Morfología	Relieve con pendiente muy Marcada (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 dominante.	Formas erosivas interesantes o relieve variado en tamaño y forma. Presencia de formas y detalles interesantes pero no dominantes o excepcionales.	Colinas suaves, pendiente plana, pocos o ningún detalle singular.
	5	3	1
Vegetación	Gran variedad de tipos de vegetación, con formas, texturas y distribución.	Cierta variedad en la vegetación pero solo uno o dos tipos.	Escasa o ninguna variedad o contraste en la vegetación.
	5	3	1
Agua	Factor dominante en el paisaje, limpia y clara, aguas cristalinas o espejos de agua en reposo.	Agua en movimiento o reposo pero no dominante en el paisaje.	Ausente o inapreciable.
	5	3	1
Variabilidad cromática	Combinaciones de color intensas y variadas o contrastes agradables.	Alguna variedad e intensidad en los colores y contrastes pero no actúa como elemento dominante	Muy poca variación de color o contraste, colores apagados.
	5	3	1
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
	5	3	1
Singularidad o rareza	Único o poco corriente o muy raro en la región, posibilidad de contemplar fauna y vegetación excepcional.	Característico, o aunque similar a otros en la región	Bastante común en la región
	5	3	1
Acción antrópica	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
	5	3	1

En la siguiente tabla se presenta en forma resumida, los resultados de la aplicación del Método BLM (1980) al paisaje actual.

CRITERIO	PUNTUACIÓN
Morfología	1
Vegetación	3
Agua	1
Variabilidad cromática	3
Fondo escénico	5
Singularidad o rareza	1
Acción antrópica	1
Total	15

En la siguiente tabla se presentan las clases utilizadas para evaluar la calidad visual del paisaje.

CLASE	VALORACIÓN	PUNTAJE
A	Áreas de calidad alta, áreas con rasgos singulares y sobresalientes.	de 22 a 35
B	Áreas de calidad media, cuyos rasgos poseen variedad en la forma, color y textura, pero que resultan similares a otros en la región estudiada y no son excepcionales.	de 8 a 21
C	Áreas de calidad baja, con muy poca variedad en la forma, color, y textura.	de 1 a 7

Al aplicar el Método BLM (1980) se obtuvo que la calidad visual del paisaje, sin el proyecto, encuadra en la Clase B, es decir, posee rasgos con variedad en la forma, color y textura distinguiéndola como un área de calidad media, pero que resulta similar a otros en la región estudiada, sin ser excepcional. Esto es debido a la fuerte presencia humana (zona urbana) que destaca como un elemento importante y sobresaliente por su extensión y por tratarse de un elemento perturbador en el ambiente.

En resumen, puede asumirse que la calidad visual del paisaje, a pesar de ser mediana, no constituye un elemento importante en el ambiente. A esto se suma el hecho de que el proyecto, no afectará ni reducirá su calidad, en virtud de que pasará a formar parte de la UP-ZONA URBANA, lo cual adquiere mayor relevancia por ser esta una de las más dominantes en el paisaje.

4.4. Análisis de la fragilidad del paisaje

Determinar la fragilidad es una forma de establecer el grado de vulnerabilidad de un espacio territorial a la intervención, cambio de usos y ocupaciones que se pretendan desarrollar en él. Mientras la calidad visual de un paisaje es una cualidad intrínseca del territorio, la fragilidad visual no lo es pues dependerá del tipo de proyecto que se pretenda desarrollar.

Para determinar la fragilidad visual del paisaje, entendida también como su capacidad de absorción ante la ocurrencia de algún factor extrínseco, se ha desarrollado una técnica basada en la metodología de Yeomans (1986), la cual consiste en asignar puntajes a un conjunto de atributos del paisaje, valorados con base en su condición actual en el sistema ambiental; consecuentemente se ingresan los puntajes

asignados a cada atributo en una fórmula y el resultado obtenido se compara con una escala de referencia; finalmente la capacidad de absorción visual del paisaje (CAV) será determinada con base en el resultado obtenido de la fórmula aplicada comparado con una escala de referencia.

Fórmula aplicada en el análisis:

$$CAV = P \times (E + R + D + C + V)$$

Donde:

P = Pendiente

E = Regeneración potencial y erosionabilidad

R = Potencial estético

D = Diversidad de la vegetación

C = Acción antrópica

V = Contraste de color

En la siguiente tabla se asignan los puntajes a los atributos del paisaje, con base en la condición que presentan actualmente en el sistema ambiental (Yeomans, 1986).

ATRIBUTOS DEL PAISAJE	CONDICIÓN EN EL SISTEMA AMBIENTAL	PUNTAJES	
		NOMINAL	NUMÉRICO
Pendiente (P)	Poco inclinado (0-25% de pendiente)	Alto	3
	Inclinación suave (25-55% pendiente)	Moderado	2
	Inclinado (pendiente >55%)	Bajo	1
Regeneración potencial y erosionabilidad (E)	Poca restricción por riesgos bajos de erosión e inestabilidad y buena regeneración potencial.	Alto	3
	Restricción moderada debido a ciertos riesgos de erosión e inestabilidad y regeneración potencial.	Moderado	2
	Restricción alta derivada de riesgos altos de erosión e inestabilidad, pobre regeneración potencial.	Bajo	1
Potencial estético (R)	Potencial bajo	Alto	3
	Potencial moderado	Moderado	2
	Potencial alto	Bajo	1
Diversidad de vegetación (D)	Vegetación escasa	Alto	3
	Hasta dos tipos de vegetación	Moderado	2
	Diversificada	Bajo	1
Acción antrópica (C)	Fuerte presencia antrópica	Alto	3
	Presencia moderada	Moderado	2
	Casi imperceptible	Bajo	1
Contrastes de color (V)	Elementos de bajo contraste	Alto	3
	Contraste visual moderado	Moderado	2
	Contraste visual alto	Bajo	1

En la tabla anterior, los puntajes altos son asignados a la condición del atributo que favorece la capacidad de absorción del paisaje ante la ocurrencia de algún factor extrínseco; por ejemplo, si existe una fuerte

presencia antrópica (condición del atributo), entonces significa que cualquier proyecto de origen antrópico que se realice, podrá ser absorbido por el paisaje al ser éste un elemento común y predominante, y por lo tanto se le asigna un puntaje elevado (3); mientras que si la acción antrópica es casi imperceptible, significa que la presencia de cualquier obra afectará la calidad visual del paisaje al ser un elemento perturbador, y en consecuencia se le asigna un puntaje bajo (1), toda vez que el paisaje no será capaz de absorber el proyecto.

De lo anterior, a continuación se analizan los puntajes asignados a cada uno de los atributos del paisaje.

- ▶ *Pendiente (P)*.- Este atributo recibió un puntaje alto (3) debido a que su condición en el sistema ambiental se define por un relieve plano, considerando que las zonas altas, montañosas o con pendientes significativas están ausentes; por lo tanto, cualquier proyecto que se realice quedará en un mismo plano y al mismo nivel del suelo.
- ▶ *Regeneración potencial y erosionabilidad (E)*.- Este atributo recibió un puntaje alto (3) considerando que la zona no presenta riesgo a la erosión (ver capítulo 13).
- ▶ *Potencial estético (R)*.- El potencial estético del paisaje, desde cualquier perspectiva del observador, es muy bajo, ya que se trata de una zona con fuerte presencia urbana y actividad antrópica, razón por la cual le fue asignado un puntaje alto (3).
- ▶ *Diversidad de vegetación (D)*.- Este atributo recibió un puntaje bajo (1), debido a que la vegetación en el paisaje es diversificada, según la carta de uso de suelo y vegetación.
- ▶ *Acción antrópica (C)*.- Este fue considerado el atributo de mayor importancia en el paisaje, ya que el sistema ambiental se distingue por ser un área urbanizada, que acusa una fuerte presencia de obras y actividad humana, motivo por el cual se le asignó un puntaje alto (3).
- ▶ *Contrastes de color (V)*.- Tal como se ha descrito en el análisis de la visibilidad del paisaje, éste aporta una moderada variabilidad cromática al observador, ya que predomina los elementos de bajo contraste, por lo que obtuvo un puntaje medio (2).

Una vez descrito el origen de los puntajes asignados a cada atributo del paisaje, en seguida se sustituyen los valores obtenidos en la fórmula de Yeomans (1986).

$$\begin{aligned} \text{CAV} &= P \times (E + R + D + C + V) \\ \text{CAV} &= 3 \times (3 + 3 + 1 + 3 + 2) \\ \text{CAV} &= 3 \times (12) \\ \text{CAV} &= 36 \end{aligned}$$

El paso siguiente en el análisis de la capacidad de absorción del paisaje, consiste en definir la escala de comparación para el resultado de la fórmula aplicada, la cual se indica en la siguiente tabla.

ESCALA DE REFERENCIA PARA LA ESTIMACIÓN DEL CAV	
CAPACIDAD DE ABSORCIÓN DEL PAISAJE (CAV)	Baja = < 15
	Moderada = 15 y < 30
	Alta = ó > 30

Una vez definida la escala de referencia, a continuación se realiza el análisis comparativo de la misma con el resultado de la fórmula aplicada.

RESULTADO DE LA FÓRMULA	ESCALA DE REFERENCIA	CAPACIDAD DE ABSORCIÓN DEL PAISAJE (CAV)
X	= ó < 15	Baja
X	= 15 y < 30	Moderada
36	= ó > 30	Alta

El análisis del resultado de la fórmula aplicada comparado con la escala de referencia previamente definida, indica que el paisaje tendrá una alta capacidad para absorber el proyecto, lo que significa que presenta una baja susceptibilidad ante las modificaciones del entorno.

Con base en éste exhaustivo análisis, se puede concluir que la construcción del proyecto, no afectará la visibilidad ni la calidad visual del paisaje, ni mucho menos lo hará susceptible ante las posibles modificaciones que sufrirá el entorno, ya que éste no será un elemento nuevo en el sistema ambiental, por el contrario, será agregado a la UP-ZONA URBANA y por lo tanto será absorbido por el paisaje en gran medida (alta capacidad de absorción).

5. DESCRIPCIÓN DE LAS CONDICIONES AMBIENTALES DEL SITIO DEL PROYECTO

5.1. Medio abiótico

a) Clima

Todo el sistema ambiental se ubica dentro del subtipo climático cálido subhúmedo Aw0(x'), y por ende el sitio del proyecto también presenta ese subtipo climático.

b) Precipitación media anual

Con base en los registros mensuales y anuales promedio obtenidos de la estación meteorológica de Cancún, se tiene que la precipitación media anual es de 1,300 mm, tal como ocurre en todo el sistema ambiental.

c) Fisiografía

El sistema ambiental se ubica dentro de la provincia fisiográfica Península de Yucatán y en la subprovincia fisiográfica Carso Yucateco, y por ende, el sitio del proyecto se alberga en ambos sistemas fisiográficos.

d) Geología

El sitio del proyecto se ubica dentro del sistema geológico Tpl (cz) - Roca sedimentaria caliza. Esta unidad se presenta en forma de franjas cercanas al litoral, por lo que presenta gran cantidad de fragmentos de conchas, corales y esponjas. Estas rocas calizas están formadas por un cuerpo masivo coquinífero, poco compacto, denominado localmente como "sascab" que se encuentra cubierto por calizas laminares dispuestas en capas delgadas y medianas con un echado horizontal. Su ambiente de depósito es de plataforma de aguas poco profundas y su relieve es de lomeríos de poca elevación paralelos a la línea de costa (ver plano de la página siguiente).

e) Edafología

Mediante el análisis de la carta edafológica escala 1 a 250,000 de INEGI, la cual indica la distribución geográfica de los suelos, se advierte que el sitio de aprovechamiento se encuentran dentro de la Unidad Edafológica de Rendzina mas Litosol (E+I/2/L), donde el suelo predominante o primario es la Rendzina y el Litosol como suelo secundario, con clase textural media, en fase física lítica (ver plano de la página 28).

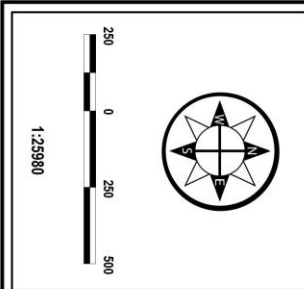
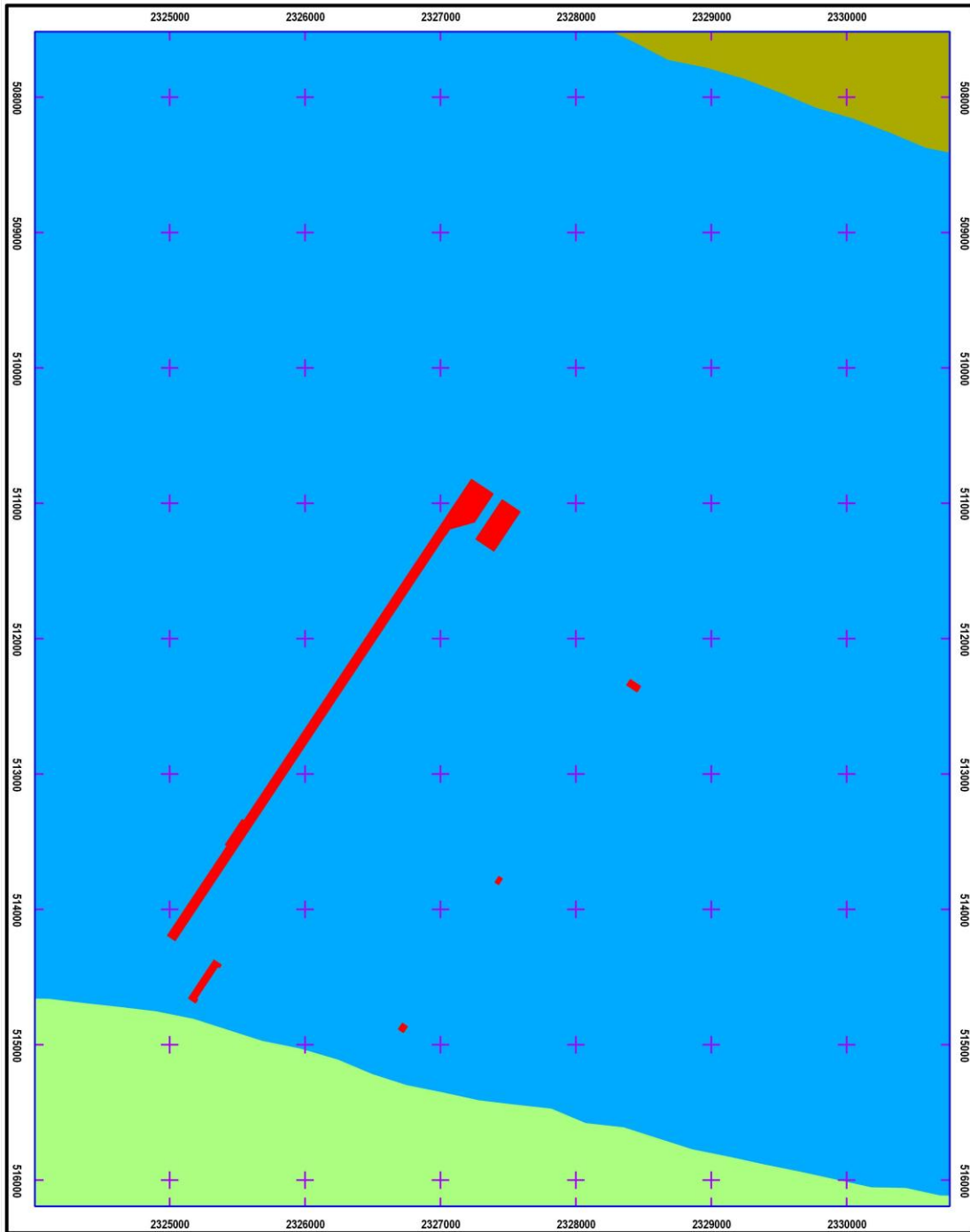
Rendzinas. Del polaco rzedzic: ruido. Connotativo de suelos someros que producen ruido con el arado por su pedregosidad. Estos suelos se presentan en climas semiáridos, tropicales o templados. Se caracterizan por tener una capa superficial abundante en materia orgánica y muy fértil que descansa sobre roca caliza o materiales ricos en cal. Generalmente las rendzinas son suelos arcillosos y poco profundos -por debajo de los 25 cm- pero llegan a soportar vegetación de selva alta perennifolia. Son moderadamente susceptibles a la erosión, no tienen subunidades y su símbolo es (E).

Litsoles. Del griego lithos: piedra. Literalmente, suelo de piedra. Son los suelos más abundantes del país pues ocupan 22 de cada 100 hectáreas de suelo. Se caracterizan por su profundidad menor de 10 centímetros, limitada por la presencia de roca. Su fertilidad natural y la susceptibilidad a la erosión son muy variables dependiendo de otros factores ambientales. El uso de estos suelos depende principalmente de la vegetación que los cubre. No tiene subunidades y su símbolo es (I).

5.2. Flora

Una vez identificados los límites del predio mediante la ayuda de una GPS y corroborado el tipo de vegetación presente en su totalidad (Selva mediana subperennifolia), se procedió a realizar un inventario forestal al interior del polígono de estudio a fin de conocer las especies que conforman cada uno de los estratos de la vegetación, así como características dasométricas del arbolado.

Es importante mencionar que de acuerdo con la carta de uso de suelo y vegetación del INEGI (serie IV, escala 1:250000), el sitio del proyecto se ubica en una zona definida como asentamiento urbano, es decir, no le corresponde un tipo de vegetación o ecosistema específico; y una mínima fracción se ubica dentro de Selva mediana subperennifolia (ver plano de la página 29); sin embargo, de acuerdo con el estudio de campo realizado al interior de los polígonos de aprovechamiento, se identificó que los mismos se encuentran cubiertos con vegetación de Selva mediana subperennifolia en toda su extensión, tal como se puede observar en el plano de la página 30 del presente capítulo.



	SIMBOLOGÍA
	ÁREA DE APROVECHAMIENTO
	UNIDADES GEOLÓGICAS
	T ₁ (c,z)
	T ₁ (c,z)
	Q(s)

DOCUMENTO TÉCNICO UNIFICADO, MODALIDAD B
PARA EL CAMBIO DE USO DE SUELO
EN TERRENOS FORESTALES

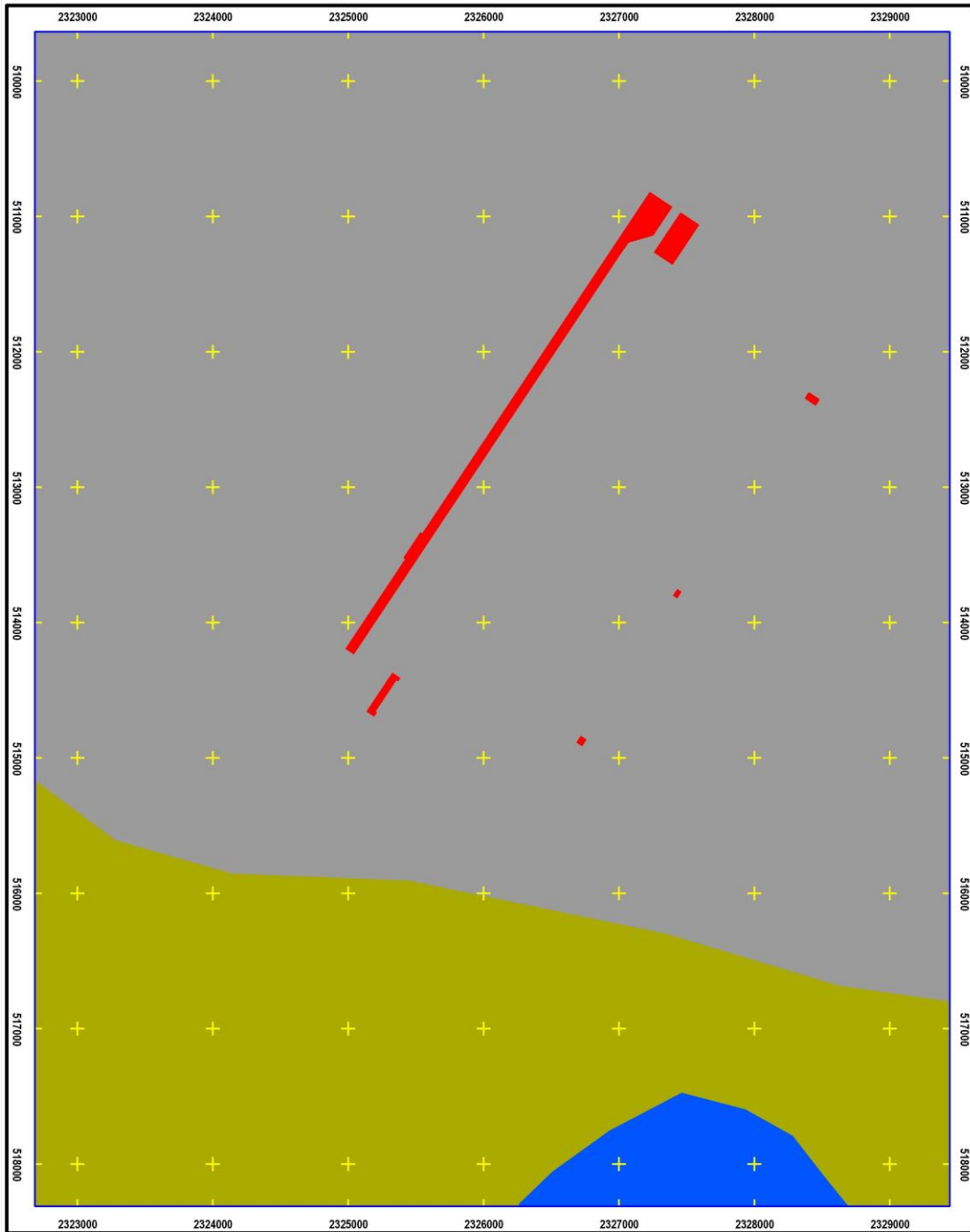
PROYECTO:
"SUPERFICIES LIMITADORAS DE OBSTÁCULOS DEL
AEROPUERTO INTERNACIONAL DE CANCÚN"

NOMBRE DEL PLANO:
PROYECTO / GEOLOGÍA

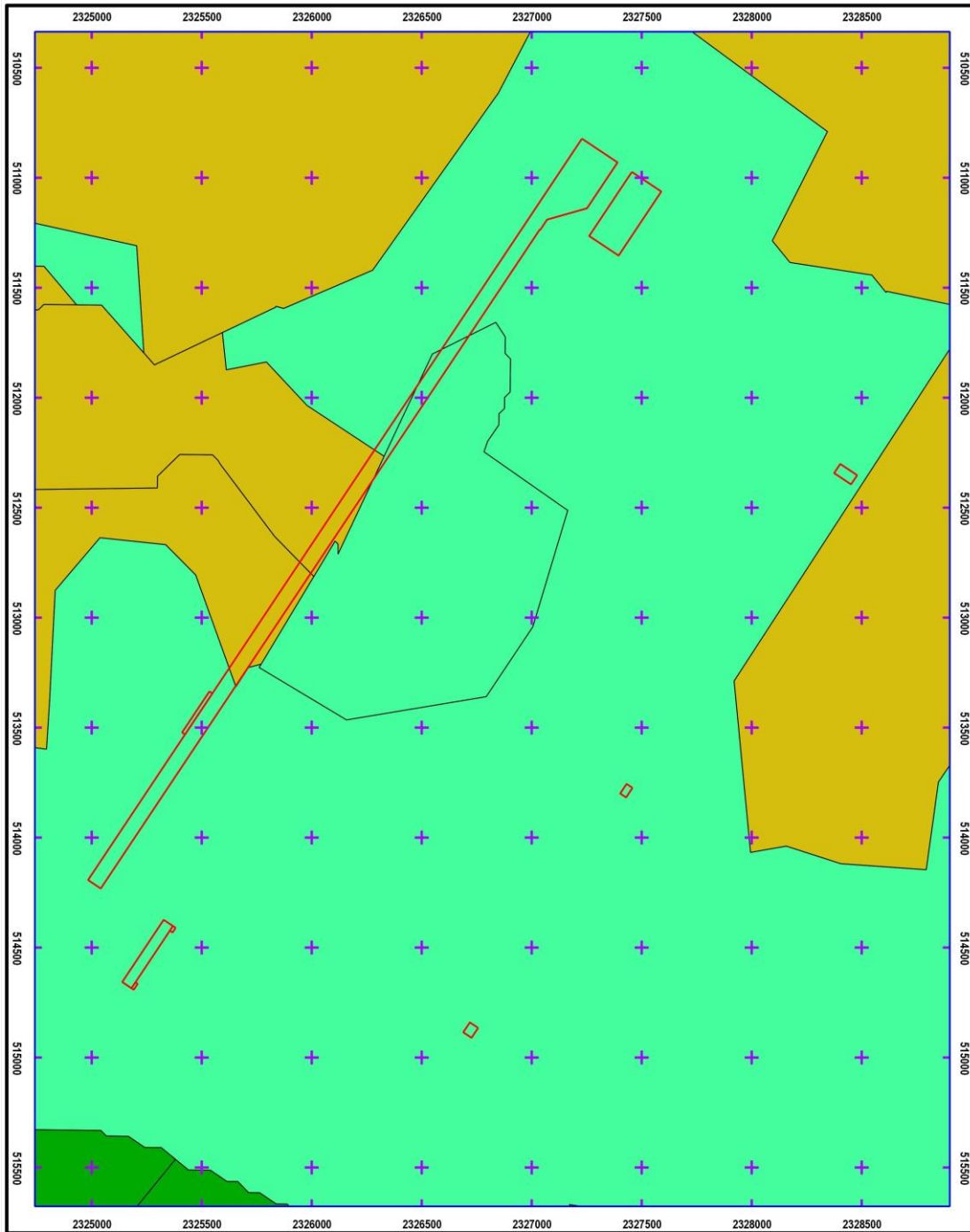
PROYECCIÓN: UTM
DATUM: WGS84
ZONA: 18Q NORTE

ELABORADO POR:
ING. RENEALDO MARTÍNEZ LÓPEZ

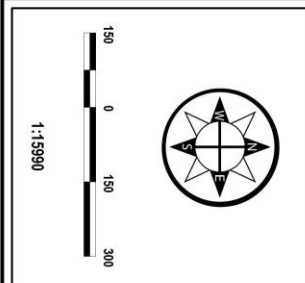
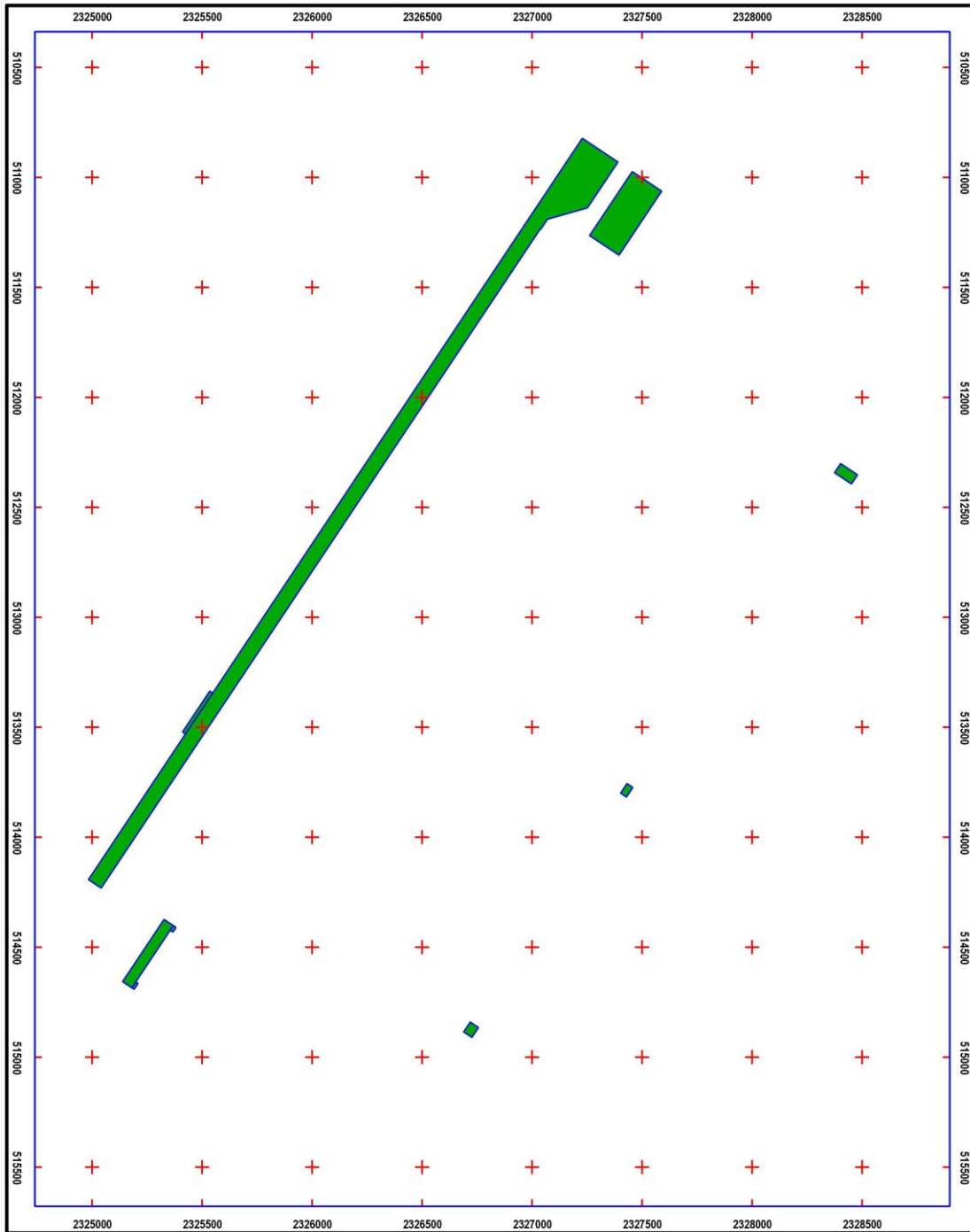
JULIO DEL 2014





	<p>SIMBOLOGÍA</p> <p>ÁREA DE APROVECHAMIENTO</p> <p>UNIDADES EDAPOLÓGICAS</p> <p>IhRc+E/2</p> <p>EM/2/L</p> <p>Zo+Rc+1/n</p>	<p>DOCUMENTO TÉCNICO UNIFICADO, MODALIDAD B PARA EL CAMBIO DE USO DE SUELO EN TERRENOS FORESTALES</p> <p>PROYECTO: "SUPERFICIES LIMITADORAS DE OBSTÁCULOS DEL AEROPUERTO INTERNACIONAL DE CANCÚN"</p> <p>NOMBRE DEL PLANO: PROYECTO / EDAPOLÓGICA</p> <p>PROYECCIÓN: UTM DATUM: WGS84 ZONA: 18Q NORTE</p> <p>ELABORADO POR: ING. RENE ALDO MARTÍNEZ LÓPEZ</p> <p>JULIO DEL 2014</p>
--	---	---



	<p>USO DE SUELO Y VEGETACION</p> <ul style="list-style-type: none"> SELVA MEDIANA SUBPERENNIFOLIA ZONA URBANA/LAGUNA MANGLAR <p>ÁREA DE APROVECHAMIENTO</p> <ul style="list-style-type: none"> ÁREA DE APROVECHAMIENTO 	<p>PROYECTO: "SUPERFICIES LIMITADORAS DE OBSTACULOS DEL AEROPUERTO INTERNACIONAL DE CANCUN"</p> <p>PROYECTO / USO DE SUELO Y VEG</p> <p>NOMBRE DEL PLANO:</p> <p>PROYECCION: UTM DATUM: WGS84 ZONA: 18Q NORTE</p> <p>ELABORADO POR: ING. RENE ALDO MARTINEZ LOPEZ</p> <p>JULIO DEL 2014</p>
--	---	---



SIMBOLOGIA	
	POLIGONOS DE APROVECHAMIENTO
	SELVA MEDIANA SUPERENIPOLLA

DOCUMENTO TÉCNICO UNIFICADO, MODALIDAD B
PARA EL CAMBIO DE USO DE SUELO
EN TERRENOS FORESTALES

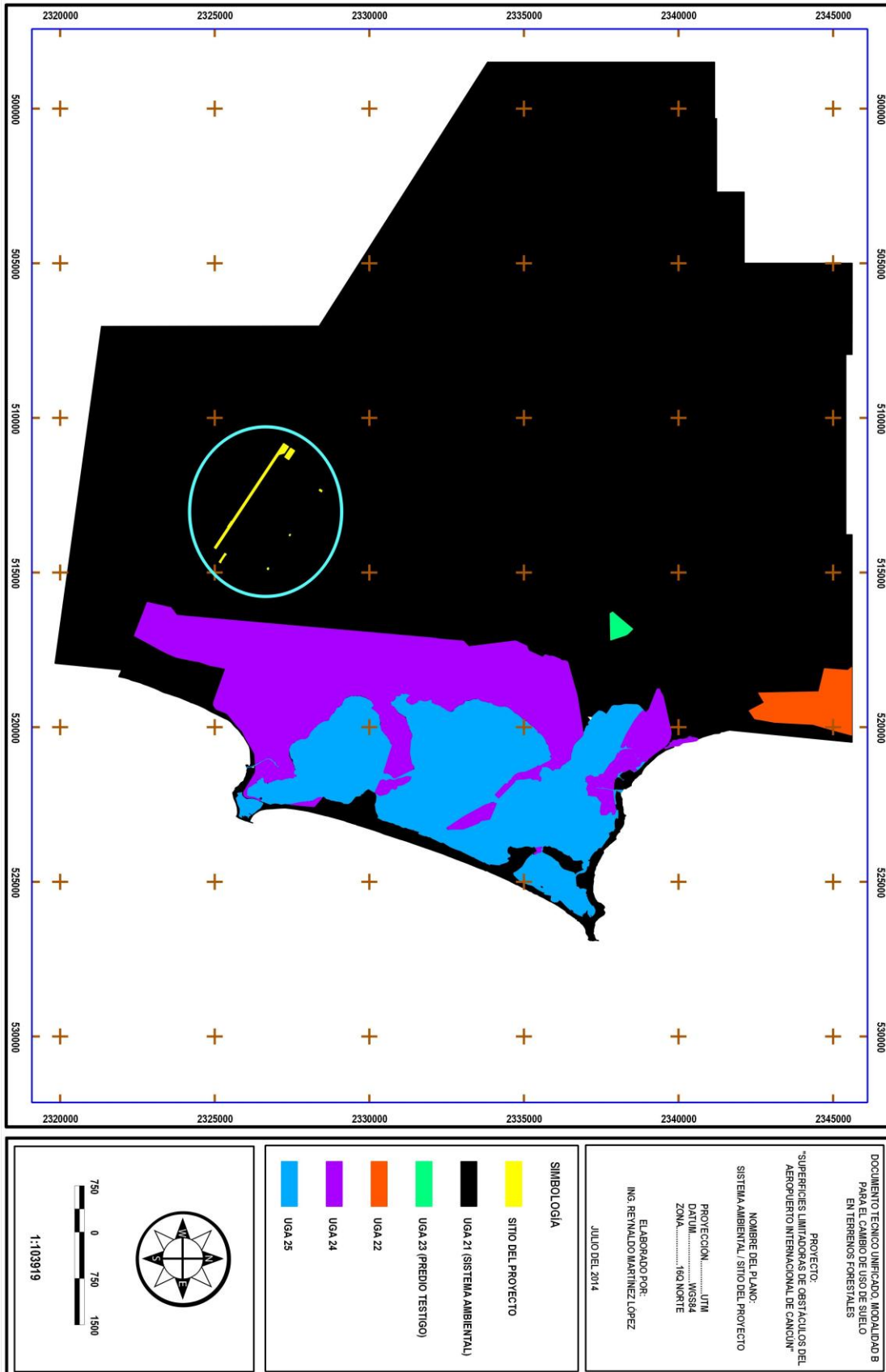
PROYECTO:
"SUPERFICIES LIMITADORAS DE OBSTACULOS DEL
AEROPUERTO INTERNACIONAL DE CANCÚN"

NOMBRE DEL PLANO:
PROYECTO / PLANO DE VEGETACION

PROYECCION: UTM
DATUM: WGS84
ZONA: 18Q NORTE

ELABORADO POR:
ING. RENE ALDO MARTINEZ LOPEZ

JULIO DEL 2014



A continuación se describen las condiciones ambientales de la vegetación identificada en el sitio del proyecto, correspondiente a Selva mediana subperennifolia.

a) Estructura de la vegetación

De acuerdo con el estudio realizado en campo, la vegetación del sitio del proyecto presenta tres estratos en su estructura vertical, a saber: estrato arbóreo, arbustivo y herbáceo; siendo el estrato arbóreo el que se observa mejor definido, por lo que el dosel generalmente es cerrado; mientras que el estrato herbáceo ostenta una representación escasa, es decir, ostenta una baja tasa de regeneración natural en el sotobosque, lo que indica que se trata de un ecosistema maduro o primario. En lo que respecta al estrato arbustivo, es posible observarlo entremezclado con el arbóreo, ya que los individuos que lo integran presentan alturas que incluso alcanzan el dosel de la vegetación, por lo que se trata de un estrato poco diferenciado. A continuación se describen las características particulares de cada estrato.

- ▀ **Estrato arbóreo.**- Se encuentra conformado por ejemplares adultos con un diámetro normal (DAP) mayor a 10 cm; siendo el diámetro promedio del estrato igual a 19.3 cm; con un máximo registrado en los sitios de muestreo de 32.5 cm correspondiente a un individuo de la especie *Ficus obtusifolia* (higo copó); y un mínimo registrado de 10 cm perteneciente a ejemplares de las especies *Lysiloma latisiliquum* (tzalam), *Leucaena leucocephala* (waxin) y *Piscidia piscipula* (jabín). La altura promedio del arbolado es de 6.75 m; con un máximo registrado en los sitios de muestreo de 15 m para la especie *Lysiloma bahamensis* (tzalam verde); y un mínimo de 2 m para un individuo de la especie *Lonchocarpus rugosus* (canasin).

Entre las especies representativas registradas en este estrato, se identificaron las siguientes: *Bursera simaruba* (chacah), *Manilkara zapota* (chicozapote), *Metopium brownei* (chechem), *Vitex gaumeri* (ya'ax nik) y *Lysiloma latisiliquum* (tzalam), *Thevetia gaumeri* (akitiz) *Swartzia cubensis* (catalox), *Piscidia piscipula* (jabín), *Lonchocarpus rugosus* (canasín) y *Ficus obtusifolia* (higo copó), entre otras.

- ▀ **Estrato arbustivo.**- Se encuentra conformado por ejemplares juveniles en desarrollo con un diámetro normal (DAP) mayor a 5 cm pero menor a 10 cm; siendo el diámetro promedio del estrato igual a 2.89 cm, con un máximo registrado en los sitios de muestreo de 9.6 cm para la especie *Piscidia piscipula* (jabín) y un mínimo registrado de 0.36 cm perteneciente a un ejemplare de la especie *Metopium brownei* (chechem). La altura promedio es de 4.07 m; con un máximo registrado en los sitios de muestreo de 10.5 m para la especie *Piscidia piscipula* (jabín); y un mínimo de 0.50 m para la especie *Metopium brownei* (chechem).

Entre las especies representativas registradas en este estrato, se identificaron las siguientes: *Bursera simaruba* (chacah), *Coccothrinax readii* (nacax), *Caesalpinia gaumeri* (kitamche), *Coccoloba barbadensis* (boob), *Diospyros cuneata* (silil), *Eugenia axillaris* (eugenia), *Manilkara zapota* (chicozapote), *Metopium brownei* (chechem), *Pouteria campechiana* Kanisté, *Pouteria unilocularis* (zapotillo), *Nectandra coriacea* (laurelillo), *Piscidia piscipula* (jabín) y *Hampea trilobata* (majahua).

- ▀ **Estrato herbáceo o sotobosque.**- Se encuentra conformado por plantas herbáceas y plántulas producto de la regeneración natural del ecosistema. La altura promedio del estrato es de 0.65 m; con un máximo registrado en los sitios de muestreo de 1.3 m para las especies *Callicarpa acuminata* (sak puk'in) y *Leucaena leucocephala* (waxim); y un mínimo de 0.18 m para un individuo de la especie *Panicum*

amarum (zacate borreguero). La cobertura promedio de la vegetación en el sotobosque es de 0.48 m, con un máximo registrado en los sitios de muestreo de 1.3 m para la especie *Leucaena leucocephala* (waxim); y un mínimo registrado de 0.10 m para la especie *Coccoloba barbadensis* (boob).

Entre las especies representativas registradas en este estrato, se identificaron las siguientes: *Psychotria nervosa* (café de monte), *Malvaviscus arboreus* (tulipancillo), *Callicarpa acuminata* (sak puk'in), *Acacia cornijera* (subín), *Bauhinia divaricata* (pata de caballo), *Thevetia gaumeri* (akits) y *Coccoloba spicata* (sac boob).

b) Composición de la vegetación

De acuerdo con los resultados del inventario forestal realizado en el sitio del proyecto, la vegetación presente en el sitio del proyecto se compone de un total de 83 especies. Mientras que para el estrato arbóreo se identificaron un total de 45 especies; para el estrato arbustivo 57; y 30 especies en el estrato herbáceo, considerando que algunas especies se encuentran presentes en dos o más estratos. Cabe destacar que dentro del estrato herbáceo se consideraron 5 especies de plantas epífitas y 4 bejucos o lianas, que para fines taxonómicos, se presentan por separado. Los resultados de las especies registradas durante el inventario se muestran a continuación diferenciadas por estrato.

ESTRATO ARBÓREO			
REGISTRO	FAMILIA	ESPECIE	NOMBRE COMÚN
1.	Anacardiaceae	<i>Metopium brownei</i>	Chechem
2.	Apocynaceae	<i>Thevetia gaumeri</i>	Akitz
3.	Apocynaceae	<i>Plumeria obtusa</i>	Flor de mayo
4.	Araliaceae	<i>Dendropanax arboreus</i>	Chacah blanco
5.	Arecaceae	<i>Thrinax radiata</i>	Chit
6.	Arecaceae	<i>Sabal yapa</i>	Huano
7.	Boraginaceae	<i>Cordia dodecandra</i>	Ciricote
8.	Burseraceae	<i>Bursera simaruba</i>	Chacah
9.	Burseraceae	<i>Protium copal</i>	Copal
10.	Cecropiaceae	<i>Cecropia peltata</i>	Guarumbo
11.	Ebenaceae	<i>Diospyros cuneata</i>	Sillil
12.	Euphorbiaceae	<i>Drypetes lateriflora</i>	Ekulub
13.	Euphorbiaceae	<i>Croton gaumeri</i>	Perescut
14.	Euphorbiaceae	<i>Croton campechianus</i>	Susu yuk
15.	Euphorbiaceae	<i>Gymnanthes lucida</i>	Yaite
16.	Fabaceae	<i>Lonchocarpus rugosus</i>	Canasín
17.	Fabaceae	<i>Swartzia cubensis</i>	Catalox
18.	Fabaceae	<i>Piscidia piscipula</i>	Jabín
19.	Fabaceae	<i>Caesalpinia gaumeri</i>	Kitanché
20.	Fabaceae	<i>Lysiloma latisiliquum</i>	Tzalam
21.	Fabaceae	<i>Lysiloma bahamensis</i>	Tzalam verde
22.	Fabaceae	<i>Leucaena leucocephala</i>	Waxin
23.	Icacinaceae	<i>Ottoschulzia pallida</i>	Uvas che'
24.	Lauraceae	<i>Nectandra coriacea</i>	Laurelillo
25.	Malvaceae	<i>Hampea trilobata</i>	Majahua
26.	Moraceae	<i>Ficus obtusifolia</i>	Higo copó

ESTRATO ARBÓREO			
REGISTRO	FAMILIA	ESPECIE	NOMBRE COMÚN
27.	Moraceae	<i>Ficus tecolutensis</i>	Matapalo
28.	Moraceae	<i>Brosimum alicastrum</i>	Ramon
29.	Polygonaceae	<i>Coccoloba spicata</i>	Boob
30.	Polygonaceae	<i>Coccoloba barbadensis</i>	Sak boob
31.	Rhamnaceae	<i>Krugiodendron ferreum</i>	Chintok
32.	Rubiaceae	<i>Guettarda elliptica</i>	Cascarillo
33.	Rubiaceae	<i>Guetterda combsii</i>	Tastab
34.	Rutaceae	<i>Esenbeckia pentaphylla</i>	Naranjillo
35.	Salicaceae	<i>Zuelania guidonia</i>	Palo volador
36.	Sapindaceae	<i>Thouinia paucidentata</i>	Canchunup
37.	Sapindaceae	<i>Talisia olivaeformis</i>	Huaya de monte
38.	Sapotaceae	<i>Chrysophyllum mexicanum</i>	Caimito
39.	Sapotaceae	<i>Mastichodendron foetidissimum</i>	Caracolillo
40.	Sapotaceae	<i>Pouteria campechiana</i>	Kaniste
41.	Sapotaceae	<i>Pouteria unilocularis</i>	Zapotillo
42.	Sapotaceae	<i>Manilkara zapota</i>	Zapote
43.	Sapotaceae	<i>Dipholis salicifolia</i>	Zapote faisán
44.	Solanaceae	<i>Physalis mayana</i>	P'akmul
45.	Verbenaceae	<i>Vitex gaumeri</i>	Ya'ax nik

ESTRATO ARBUSTIVO			
REGISTRO	FAMILIA	ESPECIE	NOMBRE COMÚN
1.	Anacardiaceae	<i>Metopium brownei</i>	Chechem
2.	Annonaceae	<i>Malmea depressa</i>	Elemuy
3.	Apocynaceae	<i>Thevetia gaumeri</i>	Akíts
4.	Araliaceae	<i>Dendropanax arboreus</i>	Chacah blanco
5.	Araliaceae	<i>Cameraria latifolia</i>	Chechem blanco
6.	Arecaceae	<i>Thrinax radiata</i>	Chit
7.	Arecaceae	<i>Coccothrinax readii</i>	Nacax
8.	Burseraceae	<i>Bursera simaruba</i>	Chacah
9.	Burseraceae	<i>Protium copal</i>	Copal
10.	Ebenaceae	<i>Diospyros cuneata</i>	Sillil
11.	Euphorbiaceae	<i>Drypetes lateriflora</i>	Ekulub
12.	Euphorbiaceae	<i>Jatropha gaumeri</i>	Pomolche
13.	Euphorbiaceae	<i>Gymnanthes lucida</i>	Yaite
14.	Fabaceae	<i>Gliricidia sepium</i>	Cacaoche
15.	Fabaceae	<i>Lonchocarpus rugosus</i>	Canasín
16.	Fabaceae	<i>Swartzia cubensis</i>	Catalox
17.	Fabaceae	<i>Acacia gaumeri</i>	Catzin
18.	Fabaceae	<i>Piscidia piscipula</i>	Jabin
19.	Fabaceae	<i>Caesalpinia gaumeri</i>	Kitamche
20.	Fabaceae	<i>Bauhinia divaricata</i>	Pata de caballo
21.	Fabaceae	<i>Acacia cornijera</i>	Subín
22.	Fabaceae	<i>Gymnopodium floribundum</i>	Ts'its'ilche'
23.	Fabaceae	<i>Lysiloma latisiliquum</i>	Tzalam
24.	Fabaceae	<i>Diphysa carthagenensis</i>	Tzuzuc

ESTRATO ARBUSTIVO			
REGISTRO	FAMILIA	ESPECIE	NOMBRE COMÚN
25.	Fabaceae	<i>Leucaena leucocephala</i>	Waxim
26.	Fabaceae	<i>Lonchocarpus xuul</i>	Xul
27.	Lauraceae	<i>Nectandra coriacea</i>	Laurelillo
28.	Malpighiaceae	<i>Byrsonima bucidaefolia</i>	Sacpa
29.	Malvaceae	<i>Guazuma ulmifolia</i>	Pixoy
30.	Malvaceae	<i>Hampea trilobata</i>	Majahua
31.	Malvaceae	<i>Chiranthodendron pentadactylon</i>	Tosho
32.	Malvaceae	<i>Malvaviscus arboreus</i>	Tulipancillo
33.	Menispermaceae	<i>Hyperbaena winzerlingii</i>	Pech kitam
34.	Moraceae	<i>Ficus obtusifolia</i>	Higo copó
35.	Moraceae	<i>Maclura tinctoria</i>	Mora
36.	Moraceae	<i>Brosimum alicastrum</i>	Ramon
37.	Muntingiaceae	<i>Muntingia calabura</i>	Capulin
38.	Myrsinaceae	<i>Ardisia escallonioides</i>	Plomoché
39.	Myrtaceae	<i>Eugenia axillaris</i>	Eugenia
40.	Myrtaceae	<i>Myrcianthes fragrans</i>	Guayabillo
41.	Myrtaceae	<i>Psidium sartorianum</i>	Pichi'che'
42.	Polygonaceae	<i>Coccoloba barbadensis</i>	Boob
43.	Polygonaceae	<i>Coccoloba spicata</i>	Sacboob
44.	Rubiaceae	<i>Psychotria nervosa</i>	Café de monte
45.	Rubiaceae	<i>Guettarda elliptica</i>	Cascarillo
46.	Rubiaceae	<i>Randia longiloba</i>	Cruceta
47.	Rubiaceae	<i>Guettarda combsii</i>	Tastab
48.	Rutaceae	<i>Esenbeckia pentaphylla</i>	Naranjillo
49.	Sapindaceae	<i>Thouinia paucidentata</i>	Canchunup
50.	Sapindaceae	<i>Exothea diphylla</i>	Guayam kox
51.	Sapindaceae	<i>Tallisia olivaeformis</i>	Huaya de monte
52.	Sapotacea	<i>Chrysophyllum mexicanum</i>	Caimito
53.	Sapotacea	<i>Pouteria campechiana</i>	Kanisté
54.	Sapotacea	<i>Manilkara zapota</i>	Zapote
55.	Sapotacea	<i>Pouteria unilocularis</i>	Zapotillo
56.	Verbenaceae	<i>Callicarpa acuminata</i>	Sak puk'in
57.	Verbenaceae	<i>Vitex gaumeri</i>	Ya'ax nik

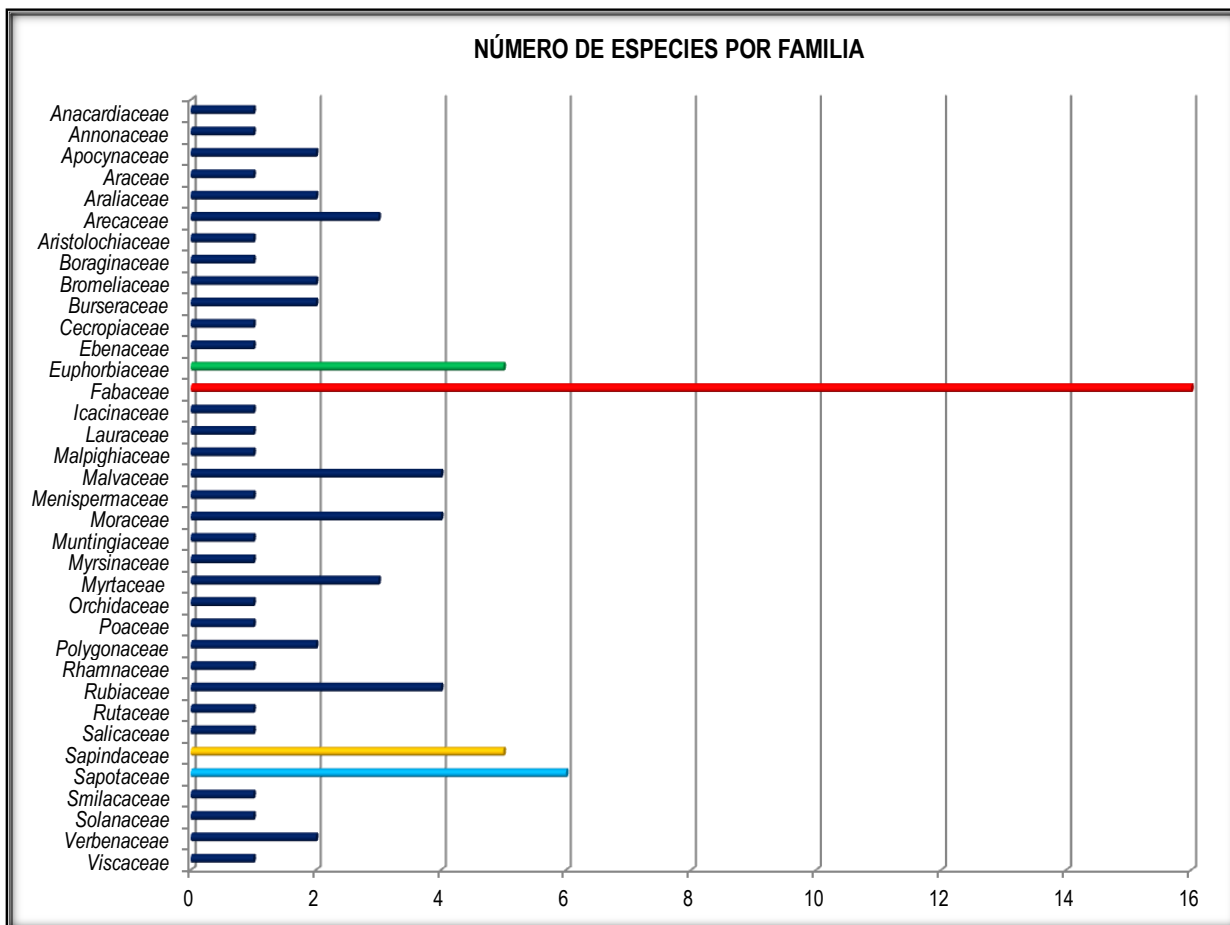
ESTRATO HERBÁCEO			
REGISTRO	FAMILIA	ESPECIE	NOMBRE COMÚN
1.	Apocynaceae	<i>Metopium brownei</i>	Chechem
2.	Apocynaceae	<i>Thevetia gaumeri</i>	Akits
3.	Arecaceae	<i>Coccothrinax radii</i>	Nacax
4.	Arecaceae	<i>Sabal yapa</i>	Huano
5.	Arecaceae	<i>Thrinax radiata</i>	Chit
6.	Burceraceae	<i>Bursera simaruba</i>	Chacah
7.	Euphorbiaceae	<i>Drypetes lateriflora</i>	Ekulub
8.	Euphorbiaceae	<i>Gymnanthes lucida</i>	Yaite
9.	Fabaceae	<i>Acacia cornijera</i>	Subin
10.	Fabaceae	<i>Bauhinia divaricata</i>	Pata de caballo

ESTRATO HERBÁCEO			
REGISTRO	FAMILIA	ESPECIE	NOMBRE COMÚN
11.	Fabaceae	<i>Bauhinia jenningsii</i>	Pata de vaca
12.	Fabaceae	<i>Caesalpinia gaumeri</i>	Kitamché
13.	Fabaceae	<i>Gymnopodium floribundum</i>	Ts'its'ilche'
14.	Fabaceae	<i>Leucaena leucocephala</i>	Waxim
15.	Fabaceae	<i>Lysiloma latisiliquum</i>	Tzalam
16.	Fabaceae	<i>Piscidia piscipula</i>	Jabín
17.	Lauraceae	<i>Nectandra coriacea</i>	Laurelillo
18.	Malvaceae	<i>Chiranthodendron pentadactylon</i>	Tosho
19.	Malvaceae	<i>Hampea trilobata</i>	Majahua
20.	Malvaceae	<i>Malvaviscus arboreus</i>	Tulipancillo
21.	Myrtaceae	<i>Eugenia axillaris</i>	Eugenia
22.	Poaceae	<i>Panicum amarum</i>	Zacate borreguero
23.	Polygonaceae	<i>Coccoloba barbadensis</i>	Boob
24.	Polygonaceae	<i>Coccoloba spicata</i>	Sacboob
25.	Rubiaceae	<i>Psychotria nervosa</i>	Café de monte
26.	Sapindaceae	<i>Tallisia olivaeformis</i>	Huaya de monte
27.	Sapotaceae	<i>Manilkara zapota</i>	Zapote
28.	Sapotaceae	<i>Pouteria campechiana</i>	Kanisté
29.	Verbenaceae	<i>Callicarpa acuminata</i>	Sak puk'in
30.	Verbenaceae	<i>Vitex gaumeri</i>	Ya'ax nik

EPÍFITAS			
REGISTRO	FAMILIA	ESPECIE	NOMBRE COMÚN
1.	Araceae	<i>Anthurium schlechtendalii</i>	Bobtun
2.	Bromeliaceae	<i>Aechmea bracteata</i>	X-chu
3.	Bromeliaceae	<i>Tillandsia festucoides</i>	Cola de ardilla
4.	Orchidaceae	<i>Catasetum integerrimum</i>	Xanab miis
5.	Viscaceae	<i>Phoradendron quadrangulare</i>	k'ew

BEJUCOS Y LIANAS			
REGISTRO	FAMILIA	ESPECIE	NOMBRE COMÚN
1.	Aristolochiaceae	<i>Aristolochia pentandra</i>	Wako aak'
2.	Sapindaceae	<i>Paullinia cururu</i>	Xtu'ak'
3.	Sapindaceae	<i>Serjania goniocarpa</i>	K'ex-ak
4.	Smilacaceae	<i>Smilax mollis</i>	Uña de gato

De acuerdo con la información presentada en las tablas anteriores, tenemos un total de 83 especies presentes en la vegetación, distribuidas en 36 familias, de las cuales la familia mejor representada es la Fabaceae compuesta por 16 especies; seguida de la familia Sapotaceae con 6 especies; y las terceras en orden de importancia son las familias Sapindaceae y Euphorbiaceae con 5 especies; el resto de las familias se encuentra representada por 4 o menos especies, tal como se muestra en la siguiente gráfica.



c) Especies registradas en la Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010

En la siguiente tabla se presentan las especies registradas en la vegetación que se encuentran incluidas bajo alguna de las categorías de riesgo conforme a la Norma Oficial Mexicana en comento.

ESPECIES EN LA NOM-059-SEMARNAT-2010				
REGISTRO	FAMILIA	ESPECIE	NOMBRE COMÚN	ESTATUS
1	Arecaceae	<i>Trinax radiata</i>	Chit	Amenazada
2	Arecaceae	<i>Coccothrinax readii</i>	Nacax	Amenazada

d) Valor de importancia de la vegetación

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

$$\text{IVI} = \text{Dominancia relativa} + \text{Densidad relativa} + \text{Frecuencia relativa}$$

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

► **Dominancia relativa:**

$$\text{Dominancia relativa} = \frac{\text{Dominancia por especie}}{\text{Dominancia de todas las especies}} \times 100$$

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

► **Densidad relativa:**

$$\text{Densidad relativa} = \frac{\text{Densidad por especie}}{\text{Densidad de todas las especies}} \times 100$$

► **Frecuencia relativa:**

$$\text{Frecuencia relativa} = \frac{\text{Número de sitios en los que se presenta cada especie}}{\text{Número total de sitios muestreados}} \times 100$$

A continuación se presentan los valores de importancia calculados para las especies registradas en los diferentes estratos identificados en la vegetación.

ÍNDICE DEL VALOR DE IMPORTANCIA (DEN%+FR%+D%) ESTRATO ARBÓREO				
ESPECIES	DENSIDAD RELATIVA	FREC. RELATIVA	DOM. RELATIVA	IVI
<i>Vitex gaumeri</i>	20.09	10.48	20.25	50.83
<i>Bursera simaruba</i>	13.84	7.26	15.40	36.50
<i>Piscidia piscipula</i>	7.81	7.26	10.82	25.89
<i>Lonchocarpus rugosus</i>	8.26	6.45	8.08	22.79
<i>Swartzia cubensis</i>	7.37	7.66	7.21	22.24
<i>Thevetia gaumeri</i>	6.92	8.47	6.40	21.79
<i>Lysiloma latisiliquum</i>	6.47	5.24	4.93	16.65
<i>Metopium brownei</i>	3.79	4.03	3.93	11.75
<i>Ficus obtusifolia</i>	2.90	4.44	3.14	10.47
<i>Manilkara zapota</i>	2.46	3.63	2.00	8.08
<i>Thrinax radiata</i>	2.01	2.42	2.91	7.34
<i>Ficus tecolutensis</i>	1.12	2.02	1.31	4.44
<i>Dipholis salicifolia</i>	1.12	2.02	0.96	4.09
<i>Coccoloba spicata</i>	1.12	2.02	0.75	3.89
<i>Dendropanax arboreus</i>	1.12	2.02	0.71	3.84
<i>Leucaena leucocephala</i>	1.12	2.02	0.70	3.83
<i>Lysiloma bahamensis</i>	1.12	2.02	0.45	3.58
<i>Ottoschulzia pallida</i>	0.89	1.61	1.01	3.51
<i>Cordia dodecandra</i>	0.67	1.21	1.02	2.90
<i>Croton gaumeri</i>	0.67	1.21	0.90	2.78
<i>Croton campechianus</i>	0.67	1.21	0.75	2.63

ÍNDICE DEL VALOR DE IMPORTANCIA (DEN%+FR%+D%) ESTRATO ARBÓREO				
ESPECIES	DENSIDAD RELATIVA	FREC. RELATIVA	DOM. RELATIVA	IVI
<i>Pouteria unilocularis</i>	0.67	1.21	0.69	2.56
<i>Brosimum alicastrum</i>	0.67	1.21	0.64	2.52
<i>Krugiodendron ferreum</i>	0.67	1.21	0.51	2.39
<i>Talisia olivaeformis</i>	0.67	1.21	0.49	2.37
<i>Gutterda combsii</i>	0.67	1.21	0.22	2.10
<i>Diospyros cuneata</i>	0.67	1.21	0.21	2.09
<i>Caesalpinia gaumeri</i>	0.45	0.81	0.33	1.58
<i>Gymnanthes lucida</i>	0.45	0.81	0.29	1.54
<i>Mastichodendron foetidissimum</i>	0.22	0.40	0.54	1.17
<i>Coccoloba barbadensis</i>	0.22	0.40	0.38	1.01
<i>Pouteria campechiana</i>	0.22	0.40	0.32	0.95
<i>Sabal yapa</i>	0.22	0.40	0.26	0.89
<i>Hampea trilobata</i>	0.22	0.40	0.20	0.83
<i>Nectandra coriacea</i>	0.22	0.40	0.20	0.83
<i>Physalis mayana</i>	0.22	0.40	0.18	0.81
<i>Zuelania guidonia</i>	0.22	0.40	0.18	0.81
<i>Cecropia peltata</i>	0.22	0.40	0.14	0.77
<i>Drypetes lateriflora</i>	0.22	0.40	0.11	0.74
<i>Esenbeckia pentaphylla</i>	0.22	0.40	0.11	0.74
<i>Protium copal</i>	0.22	0.40	0.10	0.72
<i>Chrysophyllum mexicanum</i>	0.22	0.40	0.08	0.71
<i>Thouinia paucidentata</i>	0.22	0.40	0.07	0.69
<i>Guettarda elliptica</i>	0.22	0.40	0.06	0.68
<i>Plumeria obtusa</i>	0.22	0.40	0.06	0.68
TOTALES	100.00	100.00	100.0	300.0

De acuerdo con los datos presentados en la tabla anterior, las especies más importantes a nivel del estrato arbóreo, de acuerdo con el índice de valor de importancia (IVI) alcanzado por cada una de ellas, según su densidad, frecuencia y dominancia son: *Vitex gaumeri* (ya'ax nik), *Bursera simaruba* (chacah) y *Piscidia piscipula* (jabín), con valores de **50.83**, **36.50** y **25.89**, respectivamente.

ÍNDICE DEL VALOR DE IMPORTANCIA (DEN%+FR%+D%) ESTRATO ARBUSTIVO				
ESPECIES	DENSIDAD RELATIVA	FREC. RELATIVA	DOM. RELATIVA	IVI
<i>Coccothrinax readii</i>	6.02	4.37	13.05	23.43
<i>Diospyros cuneata</i>	5.26	4.37	7.88	17.51
<i>Manilkara zapota</i>	4.51	4.76	4.66	13.93
<i>Eugenia axillaris</i>	3.76	3.97	5.71	13.43
<i>Nectandra coriacea</i>	4.14	4.37	3.85	12.35
<i>Coccoloba barbadensis</i>	4.14	4.37	3.42	11.92
<i>Piscidia piscipula</i>	3.01	3.17	5.63	11.82
<i>Pouteria campechiana</i>	3.01	3.17	5.34	11.52
<i>Talisia olivaeformis</i>	2.26	2.38	5.64	10.27
<i>Metopium brownei</i>	4.89	3.17	0.99	9.05
<i>Caesalpinia gaumeri</i>	4.14	3.57	0.96	8.67
<i>Pouteria unilocularis</i>	3.76	3.97	0.87	8.59

ÍNDICE DEL VALOR DE IMPORTANCIA (DEN%+FR%+D%) ESTRATO ARBUSTIVO				
ESPECIES	DENSIDAD RELATIVA	FREC. RELATIVA	DOM. RELATIVA	IVI
<i>Vitex gaumeri</i>	1.13	1.19	6.16	8.48
<i>Guazuma ulmifolia</i>	2.63	2.78	2.00	7.41
<i>Hampea trilobata</i>	3.38	3.57	0.16	7.12
<i>Lonchocarpus rugosus</i>	2.63	2.78	1.03	6.44
<i>Leucaena leucocephala</i>	1.88	1.98	2.21	6.08
<i>Swartzia cubensis</i>	1.13	1.19	3.75	6.07
<i>Guettarda combsii</i>	1.13	1.19	3.41	5.72
<i>Coccoloba spicata</i>	1.50	1.59	2.45	5.54
<i>Lysiloma latisiliquum</i>	1.50	1.59	2.23	5.33
<i>Guettarda elliptica</i>	1.88	1.98	1.27	5.13
<i>Bursera simaruba</i>	1.88	2.38	0.61	4.88
<i>Ardisia escallonioides</i>	1.13	1.19	2.24	4.56
<i>Ficus obtusifolia</i>	1.88	1.98	0.57	4.43
<i>Randia longiloba</i>	1.88	1.98	0.51	4.37
<i>Gliricidia sepium</i>	1.50	1.59	1.07	4.16
<i>Acacia gaumeri</i>	1.50	1.59	0.93	4.02
<i>Chrysophyllum mexicanum</i>	1.13	1.19	1.49	3.81
<i>Acacia cornijera</i>	1.50	1.59	0.42	3.51
<i>Esenbeckia pentaphylla</i>	0.75	0.79	1.81	3.36
<i>Jatropha gaumeri</i>	1.50	1.59	0.25	3.34
<i>Cameraria latifolia</i>	1.13	1.19	1.00	3.32
<i>Callicarpa acuminata</i>	1.50	1.59	0.22	3.31
<i>Malmea depressa</i>	1.13	1.19	0.74	3.06
<i>Gymnopodium floribundum</i>	1.13	1.19	0.33	2.65
<i>Muntingia calabura</i>	1.13	1.19	0.18	2.50
<i>Malva viscus arboreus</i>	1.13	1.19	0.15	2.47
<i>Psidium sartorianum</i>	0.75	0.79	0.72	2.27
<i>Thrinax radiata</i>	0.75	0.79	0.55	2.09
<i>Dendropanax arboreus</i>	0.38	0.40	1.11	1.88
<i>Drypetes lateriflora</i>	0.75	0.79	0.32	1.87
<i>Thouinia paucidentata</i>	0.75	0.79	0.24	1.78
<i>Hyperbaena winzerlingii</i>	0.75	0.79	0.23	1.78
<i>Lonchocarpus xuul</i>	0.75	0.79	0.22	1.76
<i>Myrcianthes fragrans</i>	0.75	0.79	0.14	1.69
<i>Chiranthodendron pentadactylon</i>	0.75	0.79	0.04	1.59
<i>Brosimum alicastrum</i>	0.75	0.79	0.03	1.57
<i>Byrsonima bucidaefolia</i>	0.38	0.40	0.31	1.09
<i>Psychotria nervosa</i>	0.38	0.40	0.23	1.00
<i>Bauhinia divaricata</i>	0.38	0.40	0.20	0.97
<i>Exothea diphylla</i>	0.38	0.40	0.18	0.95
<i>Diphysa carthagenensis</i>	0.38	0.40	0.07	0.84
<i>Maclura tinctoria</i>	0.38	0.40	0.07	0.84
<i>Protium copal</i>	0.38	0.40	0.07	0.84
<i>Thevetia gaumeri</i>	0.38	0.40	0.05	0.82
<i>Gymnanthes lucida</i>	0.38	0.40	0.04	0.81
TOTALES	100.00	100.00	100.0	300.0

De acuerdo con los datos presentados en la tabla anterior, las especies más importantes a nivel del estrato arbustivo, de acuerdo con el índice de valor de importancia (IVI) alcanzado por cada una de ellas, según su densidad, frecuencia y dominancia son: *Coccothrinax readii* (nacax), *Diospyros cuneata* (silil) y *Manilkara zapota* (zapote), con valores de **23.43**, **17.51** y **13.93**, respectivamente.

ÍNDICE DEL VALOR DE IMPORTANCIA (DEN%+FR%+D%) ESTRATO HERBÁCEO				
ESPECIES	DENSIDAD RELATIVA	FREC. RELATIVA	DOM. RELATIVA	IVI
<i>Malvaviscus arboreus</i>	8.98	3.51	4.07	16.57
<i>Gymnanthes lucida</i>	7.97	1.92	3.47	13.36
<i>Lysiloma latisiliquum</i>	6.87	2.56	3.61	13.03
<i>Paullinia cururu</i>	5.76	2.88	4.02	12.66
<i>Serjania goniocarpa</i>	4.17	2.88	5.55	12.60
<i>Psychotria nervosa</i>	7.76	2.24	2.50	12.50
<i>Aristolochia pentandra</i>	0.29	2.24	9.25	11.78
<i>Hampea trilobata</i>	3.74	2.88	3.93	10.55
<i>Thrinax radiata</i>	4.12	3.19	3.19	10.50
<i>Leucaena leucocephala</i>	0.59	3.83	6.01	10.44
<i>Coccothrinax radii</i>	4.12	3.19	2.41	9.72
<i>Gymnopodium floribundum</i>	2.10	4.47	2.91	9.49
<i>Caesalpinia gaumeri</i>	1.95	3.83	2.68	8.47
<i>Metopium brownei</i>	5.66	2.24	0.56	8.45
<i>Acacia cornijera</i>	0.46	3.19	4.63	8.28
<i>Manilkara zapota</i>	2.96	2.56	2.50	8.01
<i>Sabal yapa</i>	0.93	2.88	4.02	7.83
<i>Bauhinia jenningsii</i>	2.92	2.88	1.94	7.74
<i>Smilax mollis</i>	2.29	1.92	3.47	7.67
<i>Bauhinia divaricata</i>	2.28	2.56	2.68	7.52
<i>Coccoloba barbadensis</i>	4.75	2.24	0.46	7.45
<i>Anthurium schlechtendalii</i>	0.91	2.56	3.61	7.07
<i>Phoradendron quadrangulare</i>	0.68	3.19	3.15	7.02
<i>Callicarpa acuminata</i>	1.32	0.96	4.53	6.81
<i>Drypetes lateriflora</i>	2.00	3.51	1.06	6.58
<i>Bursera simaruba</i>	3.64	1.60	1.06	6.31
<i>Panicum amarum</i>	1.82	2.56	0.69	5.07
<i>Nectandra coriacea</i>	1.12	2.24	1.67	5.02
<i>Aechmea bracteata</i>	0.23	1.92	2.59	4.73
<i>Chiranthodendron pentadactylon</i>	1.70	2.24	0.69	4.63
<i>Thevetia gaumeri</i>	1.49	1.92	1.16	4.56
<i>Catasetum integerrimum</i>	0.27	2.88	1.11	4.26
<i>Tallisia olivaeformis</i>	0.77	2.88	0.51	4.16
<i>Coccoloba spicata</i>	1.14	1.92	0.56	3.61
<i>Pouteria campechiana</i>	0.14	2.24	1.16	3.53
<i>Piscidia piscipula</i>	0.89	1.92	0.56	3.36
<i>Tillandsia festucoides</i>	0.54	1.92	0.69	3.15
<i>Vitex gaumeri</i>	0.19	2.24	0.69	3.12
<i>Eugenia axillaris</i>	0.46	1.28	0.65	2.38
TOTALES	100.00	100.00	100.0	300.0

De acuerdo con los datos presentados en la tabla anterior, las especies más importantes a nivel del estrato arbustivo, de acuerdo con el índice de valor de importancia (IVI) alcanzado por cada una de ellas, según su densidad, frecuencia y dominancia son: *Malvaviscus arboreus* (tulipancillo), *Gymnanthes lucida* (yaite) y *Lysiloma latisiliquum* (tzalam), con valores de **16.57**, **13.36** y **13.03**, respectivamente.

5.3. Fauna

Para el inventario faunístico del sitio del proyecto, se llevó a cabo un muestreo a través de observaciones directas en campo, para lo cual se aprovecharon las brechas existentes en las zonas aledañas a los polígonos de aprovechamiento; así como los cuadrantes que se utilizaron para el inventario forestal descritos en el apartado anterior.

De acuerdo con la metodología aplicada se obtuvieron los siguientes resultados, en lo que respecta a la composición de especies de fauna que ocupan la zona de aprovechamiento:

ANFIBIOS				
ORDEN	FAMILIA	ESPECIE	NOMBRE COMÚN	ESTATUS
Anura	Bufoidae	<i>Bufo marinus</i>	Sapo sabanero	-

REPTILES				
ORDEN	FAMILIA	ESPECIE	NOMBRE COMÚN	ESTATUS
Squamata	Colubridae	<i>Leptophis mexicanus</i>	Culebra perico mexicana	Amanezada
Squamata	Polychrotidae	<i>Anolis sagrei</i>	Anolis	-
Squamata	Iguanidae	<i>Ctenosaura similis</i>	Iguana gris	Amanezada
Squamata	Colubridae	<i>Drymobius margaritiferus</i>	Petatilla	-
Squamata	Phrynosomatidae	<i>Sceloporus chrysostictus</i>	Lagartija-escamosa pintas amarillas	-
Squamata	Corytophanidae	<i>Basiliscus vittatus</i>	Basilisco	-
Squamata	Teiidae	<i>Ameiva undulata</i>	Ameiva	-

AVES				
ORDEN	FAMILIA	ESPECIE	NOMBRE COMÚN	ESTATUS
Columbiformes	Columbidae	<i>Zenaida asiatica</i>	Paloma aliblanca	-
Cuculiformes	Cuculidae	<i>Piaya cayana</i>	Cuco ardilla	-
Falconiformes	Accipitridae	<i>Buteo magnirostris</i>	Gavilán pollero	-
Galliformes	Cracidae	<i>Ortalis vetula</i>	Chachalaca	-
Passeriformes	Corvidae	<i>Cyanocorax morio</i>	Chara papán	-
Passeriformes	Corvidae	<i>Cyanocorax yncas</i>	Chara verde	-
Passeriformes	Corvidae	<i>Cyanocorax yucatanicus</i>	Chara yucateca	-
Passeriformes	Emberizidae	<i>Sporophila torqueola</i>	Semillero collarejo	-
Passeriformes	Fringillidae	<i>Euphonia affinis</i>	Fruterito garganta negra	-
Passeriformes	Icteridae	<i>Dives dives</i>	Tordo cantor	-
Passeriformes	Icteridae	<i>Icterus auratus</i>	Bolsero yucateco	-
Passeriformes	Icteridae	<i>Quiscalus mexicanus</i>	Zanate	-
Passeriformes	Mimidae	<i>Mimus gilvus</i>	Cenzontle	-
Passeriformes	Sylviidae	<i>Poliophtila caerulea</i>	Perlita grisilla	-
Passeriformes	Troglodytidae	<i>Thryothorus maculipectus</i>	Chivirín moteado	-
Passeriformes	Tyrannidae	<i>Myiozetetes similis</i>	Luis gregario	-
Passeriformes	Tyrannidae	<i>Pitangus sulphuratus</i>	Luis benteveo	-
Passeriformes	Tyrannidae	<i>Tyrannus melancholicus</i>	Benteveo real	-

MAMÍFEROS				
ORDEN	FAMILIA	ESPECIE	NOMBRE COMÚN	ESTATUS
Artiodactyla	Cervidae	<i>Odocoileus virginianus</i>	Venado cola blanca	-
Carnivora	Procyonidae	<i>Nasua narica</i>	Coatí	-
Rodentia	Sciuridae	<i>Sciurus yucatanensis</i>	Ardilla yucateca	-

De acuerdo con el inventario faunístico realizado en el sitio del proyecto, se registró un total de 29 especies pertenecientes a 4 grandes grupos (anfibios, reptiles, aves y mamíferos), de los cuales destacan las aves con el mayor número de registros (18 en total), distribuidos en 5 órdenes y 12 familias, destacando el orden Passeriformes como el mayor número de especies. Seguido en orden de importancia destacan los reptiles con 7 registros distribuidos en un solo orden y 7 familias. Posteriormente tenemos al grupo de la mamíferos con 3 registros, pertenecientes a 3 órdenes y 3 familias; y finalmente encontramos a los anfibios con un solo registro.

A continuación se presentan los cálculos de densidad absoluta y densidad relativa; así como los datos de frecuencia absoluta y relativa para cada especie identificada por grupo faunístico; de acuerdo con las siguientes ecuaciones.

► **Densidad relativa:**

$$\text{Densidad relativa} = \frac{\text{Densidad de cada especie}}{\text{Número total de individuos muestreados}} \times 100$$

► **Frecuencia relativa:**

$$\text{Frecuencia relativa} = \frac{\text{Número de sitios en los que se presenta cada especie}}{\text{Número total de sitios muestreados}} \times 100$$

A continuación se presentan los valores de importancia calculados para las especies faunísticas registradas en los diferentes sitios de muestreo.

ÍNDICE DEL VALOR DE IMPORTANCIA (DEN%+FR%+D%) AVES			
ESPECIES	DENSIDAD RELATIVA	FREC. RELATIVA	IVI
<i>Quiscalus mexicanus</i>	27.55	17.83	45.38
<i>Zenaida asiatica</i>	10.71	16.28	26.99
<i>Mimus gilvus</i>	12.76	10.85	23.61
<i>Dives dives</i>	11.22	11.63	22.85
<i>Icterus auratus</i>	6.12	6.20	12.32
<i>Myiozetetes similis</i>	5.10	6.20	11.30
<i>Pitangus sulphuratus</i>	4.08	6.20	10.28
<i>Tyrannus melancholicus</i>	3.57	4.65	8.22
<i>Sporophila torqueola</i>	2.55	3.88	6.43
<i>Cyanocorax yucatanicus</i>	4.08	2.33	6.41
<i>Thryothorus maculipectus</i>	3.06	3.10	6.16
<i>Euphonia affinis</i>	2.55	3.10	5.65
<i>Cyanocorax yncas</i>	1.53	2.33	3.86
<i>Ortalis vetula</i>	2.04	0.78	2.82
<i>Buteo magnirostris</i>	1.02	1.55	2.57

ÍNDICE DEL VALOR DE IMPORTANCIA (DEN%+FR%+D%) AVES			
ESPECIES	DENSIDAD RELATIVA	FREC. RELATIVA	IVI
<i>Polioptila caerulea</i>	1.02	1.55	2.57
<i>Cyanocorax morio</i>	0.51	0.78	1.29
<i>Playa cayana</i>	0.51	0.78	1.29
TOTALES	100.00	100.00	200.0

De acuerdo con los datos presentados en la tabla anterior, las especies de aves más importantes que fueron registradas en los sitios de muestreo, de acuerdo con el índice de valor de importancia (IVI) alcanzado por cada una de ellas, según su densidad y frecuencia son: *Quiscalus mexicanus* (zanate), *Zenaida asiatica* (paloma de alas blancas) y *Mimus gilvus* (cenzontle), con valores de **45.38**, **26.99** y **23.61**, respectivamente.

ÍNDICE DEL VALOR DE IMPORTANCIA (DEN%+FR%+D%) MAMÍFEROS			
ESPECIES	DENSIDAD RELATIVA	FREC. RELATIVA	IVI
<i>Sciurus yucatanensis</i>	38.46	62.50	100.96
<i>Nasua narica</i>	46.15	25.00	71.15
<i>Odocoileus virginianus</i>	15.38	12.50	27.88
TOTALES	100.00	100.00	200.0

De acuerdo con los datos presentados en la tabla anterior, la especie de mamífero más importante que fue registrada en el sitio de muestreo, de acuerdo con el índice de valor de importancia (IVI) alcanzado según su densidad y frecuencia es *Sciurus yucatanensis* (ardilla yucateca), con un valor de **100.96**.

ÍNDICE DEL VALOR DE IMPORTANCIA (DEN%+FR%+D%) MAMÍFEROS			
ESPECIES	DENSIDAD RELATIVA	FREC. RELATIVA	IVI
<i>Anolis sagrei</i>	36.94	31.11	68.05
<i>Sceloporus chrysostictus</i>	29.94	25.56	55.49
<i>Basiliscus vittatus</i>	15.92	20.00	35.92
<i>Ameiva undulata</i>	9.55	13.33	22.89
<i>Ctenosaura similis</i>	6.37	7.78	14.15
<i>Drymobius margaritiferus</i>	0.64	1.11	1.75
<i>Leptophis mexicanus</i>	0.64	1.11	1.75
TOTALES	100.00	100.00	200.0

De acuerdo con los datos presentados en la tabla anterior, las especies de reptiles más importantes que fueron registradas en los sitios de muestreo, de acuerdo con el índice de valor de importancia (IVI) alcanzado por cada una de ellas, según su densidad y frecuencia son: *Anolis sagrei* (anolis), *Sceloporus chrysostictus* (Lagartija-escamosa pintas amarillas) y *Basiliscus vittatus* (basilisco), con valores de **68.05**, **55.49** y **35.92**, respectivamente.

Por otra parte, es importante mencionar que el grupo faunístico de los anfibios sólo se encuentra representado por una especie, a saber: *Bufo marinus* (sapo sabanero).

**IDENTIFICACIÓN, DESCRIPCIÓN Y EVALUACIÓN DE
LOS IMPACTOS AMBIENTALES**
CAPÍTULO VI

PROYECTO:

**“SUPERFICIES LIMITADORAS DE
OBSTÁCULOS DEL AEROPUERTO
INTERNACIONAL DE CANCÚN”**



PROMUEVE: AEROPUERTO DE CANCÚN, S. A. DE C. V.



SEPTIEMBRE DEL 2014

El impacto ambiental se define como la modificación del ambiente ocasionada por la acción del hombre o de la naturaleza (Artículo 3o, Fracción XIX, de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente); en este sentido, cualquier cambio que el proyecto ocasione sobre el ambiente, será considerado como un impacto ambiental.

Por otro lado, la evaluación del impacto ambiental es un proceso de análisis que sirve para prever los futuros cambios en el ambiente, sean de tipo antropogénico o generados por el mismo ambiente; asimismo, permite elegir aquella alternativa de proyecto cuyo desarrollo maximice los beneficios hacia el ambiente y disminuya los impactos no deseados; por lo tanto, el término impacto no implica en sí mismo negatividad, ya que estos también pueden ser positivos.

I. METODOLOGÍA PARA IDENTIFICAR Y EVALUAR LOS IMPACTOS AMBIENTALES

Para la evaluación del impacto ambiental se ha seleccionado el método de Matriz de Cribado o Matriz de Causa-Efecto. Se trata de una metodología que permite identificar los impactos ambientales a través de la interacción de cada una de las actividades del proyecto con los distintos factores del medio ambiente. Consiste en una matriz de doble entrada, en cuyas filas se desglosan los elementos del medio que pudieran ser afectados (físico abiótico, físico biótico y socioeconómico), y estos a su vez se dividen por factores ambientales (aire, agua, suelo, geomorfología, paisaje, flora, fauna, demografía, sector primario y sector secundario); en tanto que las columnas contienen las actividades del proyecto causales del impacto, agrupadas por etapa de desarrollo (preparación del sitio).

1. JUSTIFICACIÓN DE LA METODOLOGÍA SELECCIONADA

Este método fue seleccionado debido a que está confeccionado con el fin de poder adaptarse a todo tipo de proyectos por su carácter generalista y dado que permite la integración de conocimientos sectoriales, pudiendo actuar como hilo conductor para el trabajo de un equipo interdisciplinario; esto lo hace especialmente útil y práctico como herramienta para estudios de impacto ambiental; aunado a que el modelo es bastante completo y permite, partiendo de un diagrama arborescente del sistema ambiental, hacer una evaluación tanto cualitativa como cuantitativa del impacto ambiental, logrando esto último mediante el empleo de funciones de transformación. Además, posibilita comparar los impactos del proyecto en los escenarios del medio, sin implementar medidas protectoras y con la aplicación de ellas.

Entre las ventajas del método seleccionado se pueden citar las siguientes: 1) permite la obtención de un índice global de impactos; 2) se adapta a diferentes tipos de proyectos; 3) pondera los efectos mediante la asignación de pesos; y 4) realiza una evaluación cualitativa y cuantitativa del impacto.

II. INDICADORES DE IMPACTO

De manera previa a la construcción de la Matriz de Causa-Efecto, se realizó una selección de indicadores de impacto, los cuales servirán para obtener una aproximación cercana a la realidad respecto de las interacciones que se establecerán en la matriz.

Una definición genéricamente utilizada del concepto *indicador*, establece que éste es “un elemento del medio ambiente afectado, o potencialmente afectado por un agente de cambio” (Ramos, 1987); es por ello

que se considera a los indicadores como índices cuantitativos o cualitativos que permiten evaluar la dimensión de las alteraciones que podrán producirse como consecuencia del desarrollo del proyecto.

Para fines prácticos y metodológicos, los indicadores de impacto fueron seleccionados con base en las siguientes características:

- ▶ **Representatividad:** se refiere al grado de información que posee un indicador respecto del impacto global de la obra.
- ▶ **Relevancia:** la información que aporta es significativa sobre la magnitud e importancia del impacto.
- ▶ **Excluyente:** no existe una superposición entre los distintos indicadores.
- ▶ **Cuantificable:** medible siempre que sea posible en términos cuantitativos.
- ▶ **Fácil identificación:** definidos conceptualmente de modo claro y conciso.

1. LISTADO DE LOS INDICADORES DE IMPACTO

En la siguiente tabla se presenta la lista de los indicadores de impacto seleccionados para el proyecto de acuerdo con sus características de representatividad, relevancia y por ser excluyentes, cuantificables y de fácil identificación, por etapa del proyecto.

COMPONENTE DEL MEDIO	INDICADORES DE IMPACTO
Clima	No se identificaron indicadores de impacto.
Aire	Número de fuentes móviles
	Tiempo de operación de las fuentes móviles
	Cantidad de partículas suspendidas
Geología	No se identificaron indicadores de impacto.
Fisiografía	No se identificaron indicadores de impacto.
Paisaje	Superficie modificada
Suelos	No se identificaron indicadores de impacto.
Hidrología	Cantidad de partículas suspendidas
	Volumen de aguas residuales generadas
Servicios ambientales	Superficie que será desmontada
Biodiversidad (flora y fauna)	Superficie de desmonte
	Tiempo de vida útil del proyecto
Socioeconómico	Número de empleos temporales o permanentes
	Maquinaria y equipo requerido
	Inversión del proyecto
	Tiempo de duración del cambio de uso de suelo
	Tiempo de vida útil del proyecto

III. VALORACIÓN CUALITATIVA DEL IMPACTO AMBIENTAL

Una vez definidos los indicadores de impacto, a continuación se presenta la Matriz de Cribado o Matriz de Causa-Efecto propuesta para la evaluación de los impactos ambientales. En dicha matriz se establecerán las interacciones acción-factor ambiental, en donde las acciones se incluirán en las columnas, en tanto que los factores ambientales se desglosarán por filas; en este sentido, cuando una acción afecte uno o varios factores ambientales, se marcará la celda común a ambas. Cabe mencionar que en esta etapa de la evaluación de los impactos, la valoración de los mismos es de tipo cualitativa, y servirá de base para establecer la valoración a nivel cuantitativo. La matriz se presenta para cada etapa del proyecto.

MATRIZ DE CRIBADO MATRIZ DE CAUSA-EFECTO En las columnas se colocaron todas aquellas actividades involucradas en el cambio de uso del suelo y en las filas se incluyeron todos y cada uno de los componentes del ambiente que se verán afectados por dichas actividades. La celda que indicaba una posible interacción entre ambos componentes de la matriz, fue marcada con una "+".		ACTIVIDADES DE CUSTF								
		PRELIMINARES			CUSTF				OPER.	
		Contratación de personal	Renta de materiales y equipo	Trazo y delimitación	Rescate de flora y fauna	Desmante	Triturado del material vegetal (astillado)	Conformación del terreno	Limpieza	Mantenimiento
COMPONENTES DEL MEDIO										
Abiótico	Aire					X	X			
	Suelo							X		
	Hidrología					X				
Biodiversidad	Flora				X	X			X	
	Fauna			X	X	X			X	
Servicios ambientales	Provisión de agua					X				
	Protección de los suelos					X		X		
	Protección de la biodiversidad				X	X				
	Captura de carbono					X				
	Generación de oxígeno					X				
	Paisaje					X				
	Amortiguamiento de fenómenos					X				X
Socioeconómico	Sector social	X							X	X
	Sector económico		X						X	X

De acuerdo con la matriz de causa y efecto, se identificaron 27 posibles interacciones entre los diferentes componentes del medio y las actividades implicadas en el cambio de uso de suelo. De los componentes del medio, la flora y la fauna, así como los elementos del medio socioeconómico serán los que tendrán mayor interacción con el proyecto, por lo que se prevé que serán los recursos que recibirán el mayor número de impactos ambientales que se generen.

IV. VALORACIÓN CUANTITATIVA DEL IMPACTO AMBIENTAL

Una vez definidas las interacciones entre los componentes del medio y las actividades del proyecto, se procede a valorarlos cuantitativamente a través de criterios de valoración (descritos más adelante). A cada criterio se le asignará un valor numérico y consecuentemente se realizará la sumatoria de los valores asignados aplicando el algoritmo propuesto por Domingo Gómez Orea (1988), modificado, el cual se indica como sigue: **Valor de importancia (VIM = +/- (3In + 2Ex + Ce + Mo + Pe + Pr + Rv + Rc)**. El resultado obtenido en la aplicación del algoritmo, permitirá determinar más adelante el valor de importancia de cada impacto identificado. Como paso final, el resultado será ponderado con una escala de referencia (definida más adelante), a fin de establecer aquellos impactos relevantes o significativos que generará el proyecto.

1. CRITERIOS SELECCIONADOS PARA LA VALORACIÓN DE LOS IMPACTOS

En el siguiente cuadro se presentan los criterios de valoración con sus correspondientes atributos, que permitirán valorar cuantitativamente cada impacto ambiental identificado.

CRITERIOS DE VALORACIÓN DE LOS IMPACTOS		
NO.	CRITERIO	ATRIBUTOS
1	Carácter	Positivo/Negativo
2	Intensidad	Alta/Media/Baja
3	Causa-efecto	Directo/Indirecto
4	Extensión	Puntual/Extenso/ Parcial
5	Momento	Corto plazo/ Mediano plazo/Largo plazo
6	Persistencia	Fugaz/Temporal/Permanente
7	Periodicidad	Irregular/Periódico/Continuo
8	Reversibilidad	Reversible/Irreversible
9	Recuperabilidad	Preventivo/Mitigable/Recuperable/Irrecuperable

Como puede verse en el cuadro anterior, para la evaluación cuantitativa del impacto, se utilizarán 9 criterios y 25 atributos, los cuales se describen como sigue:

▀ **Carácter (+ ó -)**

Cuando hablamos del carácter del impacto, simplemente aludimos a si es beneficioso o dañino, lo cual suele indicarse con un signo **positivo (+)** o **negativo (-)**, respectivamente. Con el impacto positivo las condiciones del medio (abiótico, biótico, perceptual y socioeconómico) se benefician y mejoran, mientras que con el negativo se dañan o deterioran.

▀ **Intensidad (In)**

Si por definición la intensidad es el grado de fuerza, cuando hablamos de la intensidad del impacto nos referimos a su nivel de destrucción si se trata de un impacto negativo, o de beneficio, si es positivo. Con un propósito práctico el grado de destrucción o beneficio se define como alto, medio o bajo, para identificar diferentes niveles de daño o mejora en las condiciones del medio (abiótico, biótico, perceptual y socioeconómico).

En un sentido negativo, cuando la intensidad es alta se produce una destrucción casi total del factor ambiental afectado, y si es baja hay una modificación mínima del factor afectado. En un sentido positivo, la intensidad alta refleja un beneficio máximo, mientras que si es baja solo indicaría una cierta mejora. En ambos casos, la intensidad media representa una situación intermedia al ser comparada con los dos niveles anteriores.

En relación a éste criterio, para el presente estudio se considerará lo siguiente:

- **Intensidad alta:** cuando el impacto ocasione una destrucción total o produzca un beneficio máximo sobre el recurso, con respecto al estado cero que presente antes de la puesta en marcha del proyecto.
- **Intensidad media:** cuando el impacto ocasione sobre el recurso una destrucción o un beneficio mayor al 50 % con respecto al estado cero que presente antes de la puesta en marcha del proyecto, pero no su destrucción total o un beneficio máximo.
- **Intensidad baja:** cuando el impacto ocasione una destrucción o produzca un beneficio menor al 50 % sobre el recurso, con respecto al estado cero que presente antes de la puesta en marcha del proyecto.

► **Relación-causa efecto (Ce)**

Hace alusión a la inmediatez del impacto y su posición en la cadena de efectos. Si el impacto tiene un efecto inmediato sobre algún factor del medio se habla de impacto directo. Si el efecto tiene lugar a través de un sistema de relaciones más complejas y no por la relación directa acción-factor entonces se dice que es indirecto. Los impactos directos son también llamados primarios, son los más obvios pues ocurren casi al mismo tiempo que la acción que los causa, mientras que los indirectos son llamados secundarios, terciarios, etc.

► **Extensión (Ex)**

La extensión permite considerar algo tan importante como las características espaciales del impacto, es decir, hasta dónde llega su efecto. Bajo este criterio los impactos se dividen en puntual, cuando afecta un espacio muy localizado; extenso si afecta un espacio muy amplio, o parcial si afecta un espacio intermedio, al ser comparado de manera relativa con los dos niveles anteriores. Para este criterio es necesario establecer una escala espacial relativa, referida al factor que se analiza, que a su vez ayudará a precisar las áreas de influencia directa e indirecta del proyecto.

Para fines del presente estudio, la escala espacial en la aplicación de éste criterio, se considerará como se indica a continuación:

- **Puntual:** cuando el impacto sólo afecte la superficie donde se esté realizando la obra o actividad de que se trate.
- **Parcial:** cuando el impacto afecte una superficie mayor al sitio donde se esté realizando la actividad de que se trate, pero dentro de los límites del sistema ambiental.

- Extenso: cuando el efecto del impacto se produzca más allá de los límites del sistema ambiental.

▀ **Momento (Mo)**

Alude al momento en que ocurre el impacto, es decir, el tiempo transcurrido desde que la acción se ejecuta y el impacto se manifiesta. Este tipo de impacto puede ocurrir a corto plazo, si se manifiesta inmediatamente o al poco tiempo de ocurrida la acción; a largo plazo si se expresa mucho tiempo después de ocurrida la acción; o a mediano plazo si se manifiesta en un momento después de ocurrida la acción que resulta intermedio al ser comparado de manera relativa con los dos niveles anteriores.

Para fines prácticos y metodológicos del presente estudio, en la aplicación de éste criterio se considerará lo siguiente:

- Corto plazo: si el impacto ocurre un mes después de que se produzca el factor que lo genera.
- Mediano plazo: cuando el efecto del impacto se manifieste en un período mayor a un mes, pero menor a tres meses de haberse producido el factor que lo genera.
- Largo plazo: cuando el efecto del impacto se manifieste en un período mayor a tres meses de haberse producido el factor que lo genera.

▀ **Persistencia (Pe)**

Se refiere al tiempo que permanece actuando el impacto, es decir, la duración que teóricamente tendrá la alteración del factor que se está valorando. Así, se considera permanente aquel impacto que provoca una alteración indefinida en el tiempo; temporal aquel que causa una alteración transitoria; y fugaz aquel que causa una alteración breve. Para este tipo de criterio es necesario establecer una escala temporal relativa, referida al factor que se analiza y para ello se tomará como base el cronograma del proyecto, el cual permitirá establecer un tiempo concreto de duración ajustado a la realidad del proyecto.

Para fines del presente estudio, la escala espacial en la aplicación de éste criterio, se considerará como se indica a continuación:

- Fugaz: si el impacto deja de manifestarse en un período que abarca de un día a un mes después de haber desaparecido el factor que lo genera.
- Temporal: si el impacto se manifiesta en un período de tiempo mayor a un mes pero sólo durante el cambio de uso de suelo, que se estima, durará 26 meses.
- Permanente: si el impacto se manifiesta en forma posterior a la finalización del cambio de uso de suelo, es decir, durante toda la vida útil del proyecto.

▀ **Periodicidad (Pr)**

Alude a la regularidad o grado de permanencia del impacto en un período de tiempo. Se define como irregular al que se manifiesta de forma discontinua e impredecible en el tiempo, periódico si se expresa de forma regular pero intermitente en el tiempo y continuo si el cambio se manifiesta constante o permanentemente en el tiempo. Este último, en su aplicación tiende a confundirse con el impacto permanente, sin embargo, el impacto permanente concierne a su comportamiento en el tiempo y el continuo al tiempo de actuación.

▀ **Reversibilidad (Rv)**

En ocasiones, el medio alterado por alguna acción puede retornar de forma natural a su situación inicial cuando la acción cesa; hablamos entonces de impacto reversible. Cuando al desaparecer dicha acción, no es posible el retorno al estado original de manera natural, decimos entonces que el impacto es irreversible. Este criterio no se considera para evaluar los impactos al medio socioeconómico, puesto que los elementos que lo integran no son de tipo natural.

▀ **Recuperabilidad (Rc)**

No siempre es posible que el medio alterado por alguna acción pueda regresar de forma natural a su situación inicial cuando la acción cesa. En tales casos debemos tomar medidas para que esto ocurra. Definimos entonces el impacto recuperable cuando éste desaparece al cesar la acción que lo causa; preventivo cuando se aplican medidas que impiden la manifestación del impacto; mitigable como aquel donde la aplicación de medidas correctoras sólo reducen el efecto de la acción impactante, sin llegar a la situación inicial; e irrecuperable cuando al desaparecer la acción que lo causa no es posible el retorno a la situación inicial, ni siquiera a través de medidas de protección ambiental, por lo que además de medidas mitigadoras para reducirlo, debemos aplicar las llamadas medidas compensatorias para remediarlo. En los casos, preventivo y mitigable, aplican las llamadas medidas preventivas o de mitigación, a las cuales nos referiremos en el próximo capítulo.

La categoría de recuperabilidad no aplica a los impactos positivos, pues su definición abarca el concepto de medidas mitigadoras o compensatorias que solo se aplican a los impactos negativos. Para los impactos positivos se manejan las llamadas medidas optimizadoras encaminadas a perfeccionar, ampliar y expandir el beneficio del impacto positivo; sin embargo, para el presente estudio estas medidas no fueron consideradas, ya que no afectan ni deterioran a los elementos del medio.

2. ASIGNACIÓN DE RANGOS PARA LOS CRITERIOS DE EVALUACIÓN

De manera previa a la valoración cuantitativa de los impactos ambientales a través del algoritmo propuesto por Domingo Gómez Orea (1988), a continuación se procede a la asignación de rangos para los criterios de valoración por cada uno de sus atributos, según corresponda, a fin de poder obtener un valor de ponderación para los impactos asociados al cambio de uso de suelo (ver tabla siguiente).

CRITERIOS DE VALORACIÓN DE LOS IMPACTOS		
CRITERIO	RANGO	VALOR
Carácter	Positivo	+
	Negativo	-
Intensidad (In)	Baja	1
	Media	2
	Alta	3

CRITERIOS DE VALORACIÓN DE LOS IMPACTOS		
CRITERIO	RANGO	VALOR
Extensión (Ex)	Puntual	1
	Parcial	2
	Extenso	3
Causa-efecto (Ce)	Indirecto	1
	Directo	2
Momento (Mo)	Corto plazo	1
	Mediano plazo	2
	Largo plazo	3
Persistencia (Pe)	Fugaz	1
	Temporal	2
	Permanente	3
Periodicidad (Pr)	Irregular	1
	Periódico	2
	Continuo	3
Reversibilidad (Rv)	Reversible	1
	Irreversible	2
Recuperabilidad (Rc)	Preventivo	0
	Recuperable	1
	Mitigable	2
	Irrecuperable	3

3. CÁLCULO DEL VALOR DE IMPORTANCIA DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES

A continuación se presentan los cálculos realizados para la valoración de los impactos ambientales identificados por cada etapa del proyecto, utilizando el algoritmo seleccionado (modificado de Gómez Orea, 1988), el cual se describe como sigue:

$$\text{VIM} = +/- (3\text{In} + 2\text{Ex} + \text{Ce} + \text{Mo} + \text{Pe} + \text{Pr} + \text{Rv} + \text{Rc})$$

Donde:

VIM = Valor de importancia del impacto

(+/-) = positivo o negativo

In = Intensidad

Ex = Extensión

Ce = Causa-efecto

Mo = Momento

Pe = Persistencia

Pr = Periodicidad

Rv = Reversibilidad

Rc = Recuperabilidad

A continuación, se presenta la valoración cuantitativa de los impactos ambientales identificados, tomando como base las interacciones establecidas en la matriz de causa-efecto, descrita anteriormente. La valoración se presenta por etapa del proyecto.

PP. ETAPAS PRELIMINARES

Impacto ambiental identificado: Generación de empleos (EP.1)

Elementos del medio que serán impactados:

- ▀ Socioeconómico (sector social)

Descripción del impacto ambiental:

Según la matriz de causa y efecto, una de las primeras actividades que se realizarán, incluso antes de iniciar con el cambio de uso del suelo, será la contratación de personal especializado para realizar los trabajos involucrados. La acción de contratar personal, influye de forma directa en el sector social al ofrecer fuentes de empleo de carácter temporal.

EVALUACIÓN DEL IMPACTO (EP.1)			
CRITERIO	RANGO	ANÁLISIS	VALOR
Carácter	Positivo	El proyecto generará un beneficio para la sociedad, al constituirse como una fuente de empleos directos e indirectos.	+
Intensidad	Alta	La cantidad de personal requerido para trabajos preliminares es alta en comparación con las otras etapas del proyecto, ya que se requieren 38 trabajadores para llevarlos a término, incluyendo al responsable de supervisar la ejecución del CUSTF.	3
Extensión	Extenso	El personal que será contratado, será aquel que radique en la Localidad de Cancún; por lo que se considera que el beneficio por la generación de empleos, rebasará los límites del sistema ambiental.	3
Causa-efecto	Directo	Sin la contratación de personal, resulta imposible la ejecución de esta etapa del proyecto.	2
Momento	Corto plazo	La contratación del personal será inmediata, ya que sin ello no se podrá dar inicio al cambio de uso del suelo.	1
Persistencia	Temporal	Al finalizar los trabajos preliminares, también cesará el contrato de los trabajadores.	2
Periodicidad	Continuo	Los trabajadores se mantendrán empleados mientras tanto no finalice esta etapa, por lo que su empleo será constante a lo largo del proceso.	3
Reversibilidad	No aplica	Consultar apartado 1.4.1.	0
Recuperabilidad	No aplica	Consultar apartado 1.4.1.	0
CÁLCULO DEL VALOR DE IMPORTANCIA: $VIM = +/- (3(3) + 2(3) + 2 + 1 + 2 + 3 + 0 + 0)$			VIM= +23

Impacto ambiental identificado: Activación de la economía local (EP.2)

Elementos del medio que serán impactados:

- ▀ Socioeconómico (sector económico)

Descripción del impacto ambiental:

De acuerdo con la matriz de causa y efecto, una de las primeras actividades que se realizarán, incluso antes de iniciar con el cambio de uso del suelo, será la renta de maquinaria y equipo, necesarios para el desarrollo del proyecto. Esta actividad influye de forma directa en el sector económico al activar la economía de la localidad donde serán adquiridos.

EVALUACIÓN DEL IMPACTO (EP.2)			
CRITERIO	RANGO	ANÁLISIS	VALOR
Carácter	Positivo	El proyecto generará un beneficio para la sociedad, al activar la economía y producir fuentes de ingresos mercantiles.	+
Intensidad	Baja	La inversión que se tiene estimada para la contratación de mano de obra, así como la renta de maquinaria y equipo en esta etapa, es de 1 millón de pesos mexicanos, lo que se considera una inversión baja en comparación con las otras etapas del proyecto.	1

EVALUACIÓN DEL IMPACTO (EP.2)			
CRITERIO	RANGO	ANÁLISIS	VALOR
Extensión	Extenso	El material, equipo y maquinaria que se requiere para esta etapa, podrá ser adquirido en los comercios locales de la ciudad de Cancún, los cuales, se encuentran fuera de los límites del sistema ambiental.	3
Causa-efecto	Directo	Sin la compra de material y equipo, y la renta de maquinaria resulta imposible la ejecución del proyecto en sus etapas iniciales.	2
Momento	Corto plazo	La compra de material y equipo, así como la renta de maquinaria, será inmediata, ya que sin ello no se podrán dar inicio a los trabajos involucrados.	1
Persistencia	Fugaz	La compra de materiales y equipo, así como la renta de maquinaria, se llevará a cabo en un solo momento, por lo que se anticipa que el efecto del impacto será breve.	1
Periodicidad	Irregular	Estas actividades se llevarán a cabo en un solo momento, por lo que se anticipa que el efecto del impacto será breve en el tiempo.	1
Reversibilidad	No aplica	Consultar apartado 1.4.1.	0
Recuperabilidad	No aplica	Consultar apartado 1.4.1.	0
CÁLCULO DEL VALOR DE IMPORTANCIA: $VIM = +/- (3(1) + 2(3) + 2 + 1 + 1 + 1 + 0 + 0)$			VIM= +14

Impacto ambiental identificado: Perturbación del hábitat (EP.3)

Elementos del medio que serán impactados:

- ▀ Biodiversidad (fauna)

Descripción del impacto ambiental:

De acuerdo con la matriz de causa y efecto, todos los trabajos preliminares que se realizarán en las zonas de aprovechamiento, tendrán una interacción indirecta con la fauna del sitio. Al realizarse dichos trabajos, se estarán produciendo factores de perturbación del hábitat, además que se prevé que en esta fase del proyecto se realizará el rescate selectivo de fauna.

EVALUACIÓN DEL IMPACTO (EP.3)			
CRITERIO	RANGO	ANÁLISIS	VALOR
Carácter	Negativo	Los trabajos a realizar en las áreas de aprovechamiento, y las actividades de rescate de fauna, al ser actividades de tipo antrópica, producirá un elemento de alteración (perturbación) en los recursos naturales del medio en sentido negativo.	-
Intensidad	Baja	Las actividades preliminares tendrán un tiempo de duración estimado de 2 meses, sin embargo, se realizarán en forma gradual y por etapas, por lo que se anticipa que el impacto no podrá adquirir mayor intensidad en sus efectos sobre el medio.	1
Extensión	Puntual	Las actividades referidas se llevarán a cabo en forma puntual, por lo que se prevé que el efecto del impacto se limitará a la superficie de aprovechamiento.	1
Causa-efecto	Directo	Las actividades a realizar en las áreas de aprovechamiento causantes de perturbación, forman parte directa de los trabajos preliminares.	2
Momento	Corto plazo	La perturbación del hábitat ocurrirá en forma inmediata cuando se den inicio los trabajos, puesto que involucran la presencia humana en el medio desde su comienzo.	1
Persistencia	Temporal	Las actividades referidas tendrán un tiempo de duración equivalente a 2 meses, por lo que a su término, también cesará el impacto.	2
Periodicidad	Periódico	La perturbación del hábitat ocurrirá en forma continua pero intermitente, considerando que los trabajos preliminares se realizarán en forma gradual a lo largo de los 2 meses.	2

EVALUACIÓN DEL IMPACTO (EP.3)			
CRITERIO	RANGO	ANÁLISIS	VALOR
Reversibilidad	Irreversible	Al cesar la preparación del sitio en las áreas de aprovechamiento, las condiciones de estabilidad en el hábitat para la fauna no se podrán restablecer en forma natural.	2
Recuperabilidad	Mitigable	En las inmediaciones de las áreas de aprovechamiento, se mantendrán áreas con vegetación natural, que en su caso, servirán como zona de refugio o hábitat para las especies de fauna que serán desplazadas; así mismo, sin embargo, dicha situación sólo reducen el efecto del impacto, en magnitud.	2
CÁLCULO DEL VALOR DE IMPORTANCIA: $VIM = +/- (3(1) + 2(1) + 2 + 1 + 2 + 2 + 2 + 2)$			VIM= -16

CO. ETAPA DE CONSTRUCCIÓN

Impacto ambiental identificado: Reducción de la cobertura vegetal (CO.1)
<p>Elementos del medio que serán impactados:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▮ Biodiversidad ▮ Servicios ambientales (protección del suelo, protección de la biodiversidad, regulación climática, amortiguamiento de fenómenos naturales, generación de oxígeno, captura de carbono). ▮ Suelo
<p>Descripción del impacto ambiental:</p> <p>El origen de éste impacto, de acuerdo con la matriz de causa-efecto, será el desmonte durante el cambio de uso de suelo, ya que dicha actividad implica la remoción de vegetación natural dentro en las zonas de aprovechamiento propuestas para el proyecto, lo que también trae como consecuencia el desplazamiento de la fauna, la pérdida de la cobertura vegetal, que a su vez es una protección natural para el suelo; y la modificación del entorno natural, alterando también el medio perceptual.</p>

EVALUACIÓN DEL IMPACTO (CO.1)			
CRITERIO	RANGO	ANÁLISIS	VALOR
Carácter	Negativo	Ocasiona la pérdida del recurso.	-
Intensidad	Alta	Se aprovechará el 100 % del predio.	3
Extensión	Puntual	Se limita sólo a la superficie propuesta para el desarrollo del proyecto.	1
Causa-efecto	Directo	El proyecto implica el cambio de uso de suelo a través de la remoción de vegetación forestal.	2
Momento	Mediano plazo	El desmonte se llevará a cabo en forma gradual, con un tiempo de duración de 3 mes; por lo tanto, el efecto del impacto en toda su magnitud o intensidad, se verá reflejado en forma posterior.	2
Persistencia	Permanente	La pérdida de la vegetación, el desplazamiento de la fauna y la alteración del paisaje, serán permanentes durante toda la vida útil del proyecto.	3
Periodicidad	Periódico	Se considera periódico, ya que el desmonte se realizará de manera paulatina y por etapas, durante el plazo establecido en el calendario de actividades.	2
Reversibilidad	Irreversible	En caso de cesar la actividad, la vegetación removida no puede recuperar su estado original por medios propios, ya que para ello se requiere aplicar medidas de restauración.	2
Recuperabilidad	Mitigable	Se llevará a cabo un rescate de vegetación y fauna, dirigido para recuperar un porcentaje significativo de las especies que serán afectadas; contribuyendo con ello a salvaguardar el germoplasma de las especies seleccionadas, en especial de aquellas listadas en la Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010; así como reducir el deterioro del paisaje en la zona.	2
CÁLCULO DEL VALOR DE IMPORTANCIA: $VIM = +/- (3(3) + 2(1) + 2 + 2 + 3 + 2 + 2 + 2)$			VIM= -24

Impacto ambiental identificado: Reducción y pérdida del hábitat (CO.2)

Elementos del medio que serán impactados:

- ▀ Biodiversidad (flora y fauna)
- ▀ Servicios ambientales (protección de la biodiversidad)

Descripción del impacto ambiental:

El origen de éste impacto, de acuerdo con la matriz de causa-efecto, será el desmante durante el cambio de uso de suelo, ya que dicha actividad implica remover la vegetación natural dentro de las zonas propuestas para el aprovechamiento y desarrollo del proyecto (pérdida del hábitat); superficies que actualmente fungen como hábitat para la flora y la fauna asociada, el cual se verá reducido en superficie.

EVALUACIÓN DEL IMPACTO (CO.2)			
CRITERIO	RANGO	ANÁLISIS	VALOR
Carácter	Negativo	Ocasiona la pérdida del recurso.	-
Intensidad	Alta	Se perderá el hábitat en la superficie total de las áreas de aprovechamiento.	3
Extensión	Puntual	Se limita sólo a la superficie de aprovechamiento.	1
Causa-efecto	Directo	El cambio de uso de suelo que implica el proyecto a través de la remoción de la vegetación, se relaciona en forma directa con la pérdida y reducción del hábitat.	2
Momento	Mediano plazo	El desmante corresponde a la etapa del proyecto donde se perderá el hábitat. No obstante, la magnitud total del impacto se manifestará al término del desmante, es decir, después de tres meses.	2
Persistencia	Permanente	La pérdida del hábitat será permanente durante toda la vida útil del proyecto.	3
Periodicidad	Periódico	Se considera periódico, ya que el desmante, y por ende la pérdida del hábitat, ocurrirá de manera paulatina y por etapas, durante el plazo establecido en el calendario de actividades.	2
Reversibilidad	Irreversible	El hábitat para la flora y la fauna no podrá recuperarse por medios naturales en caso de cesar la actividad, ya que para ello se requiere aplicar medidas de restauración.	2
Recuperabilidad	Mitigable	Dentro del sistema ambiental se conserva una superficie de 22,050.31 hectáreas con vegetación en estado natural, la cual podrá fungir como hábitat para la flora y la fauna.	2
CÁLCULO DEL VALOR DE IMPORTANCIA:			VIM = +/- (3(3) + 2(1) + 2 + 2 + 3 + 2 + 2 + 2)
			VIM= -24

Impacto ambiental identificado: Suspensión de sedimentos (CO.3)

Elementos del medio que serán impactados:

- ▀ Abiótico (aire)

Descripción del impacto ambiental:

Durante el desmante y triturado del material vegetal, se prevé la generación de sedimentos y partículas que podrían quedar suspendidas en el aire debido a la acción del viento, lo que en su caso, podría ocasionar afectaciones al medio.

EVALUACIÓN DEL IMPACTO (CO.3)			
CRITERIO	RANGO	ANÁLISIS	VALOR
Carácter	Negativo	Se considera un impacto negativo, debido a la afectación que puede ocasionar la suspensión de sedimentos y partículas sobre el medio.	-
Intensidad	Media	El volumen de sedimentos que podrían generarse es considerable, tomando en cuenta que la remoción total de la vegetación, se llevará a cabo en el 100% del predio.	2

EVALUACIÓN DEL IMPACTO (CO.3)			
CRITERIO	RANGO		VALOR
Extensión	Parcial	La acción del viento podría aislar las partículas y sedimentos suspendidos y trasportarlas a zonas lejanas al predio del proyecto, pero considerando que en las inmediaciones existe cobertura vegetal, estos podrán ser retenidos evitando que se extiendan más allá de los límites de la cuenca, por lo tanto, el efecto del impacto podrá ocurrir fuera del predio del proyecto pero dentro de la cuenca.	2
Causa-efecto	Directo	El desmonte y triturado del material vegetal, forman parte de las fases de desarrollo del proyecto.	2
Momento	Corto plazo	El desmonte y triturado del material vegetal, ocurrirán en forma inmediata cuando se inicié con esta fase.	1
Persistencia	Temporal	Los trabajos de desmonte y triturado, tendrán un tiempo de duración equivalente al tiempo que dure esta etapa de proyecto, puesto que se llevarán a cabo en forma paralela; sin embargo, al término de estas actividades, también cesará el impacto.	2
Periodicidad	Periódico	El desmonte y triturado, se llevarán a cabo en forma gradual, por lo tanto, la suspensión de sedimentos ocurrirá en forma periódica.	2
Reversibilidad	Reversible	Las partículas suspendidas en el aire, debido a su peso molecular, podrán precipitarse al suelo, cuando cese la acción del viento, o en su caso pueden llegar a precipitarse por la acción de la lluvia, o ser retenidos en el follaje de la vegetación circundante, por lo que éste impacto puede ser revertido.	1
Recuperabilidad	Preventivo	Se aplicarán acciones específicas encaminadas a suprimir el efecto del impacto, con la finalidad de evitar la alteración del medio por suspensión de sedimentos.	0
CÁLCULO DEL VALOR DE IMPORTANCIA: $VIM = +/- (3(2) + 2(2) + 2 + 1 + 2 + 2 + 1 + 0)$			VIM= -18

Impacto ambiental identificado: Reducción de la calidad visual del paisaje (CO.4)

Elementos del medio que serán impactados:

- ▀ Servicios ambientales (paisaje)

Descripción del impacto ambiental:

Durante los distintos trabajos involucrados en el desarrollo del proyecto, y principalmente durante la remoción de la vegetación, así como la presencia de trabajadores en el sitio del proyecto y su área de influencia, se agregarán elementos de perturbación en el paisaje, lo que reducirá su calidad visual.

EVALUACIÓN DEL IMPACTO (CO.4)			
CRITERIO	RANGO	ANÁLISIS	VALOR
Carácter	Negativo	Se considera un impacto negativo, debido a que produce una alteración del medio (perturbación), que reduce la calidad visual del paisaje.	-
Intensidad	Alta	La remoción de vegetación total se llevará a cabo en el 100% de la superficie de aprovechamiento; por lo que la intensidad del impacto se considera elevada.	3
Extensión	Parcial	La alteración de la calidad visual del paisaje se extenderá fuera del área de aprovechamiento, pero dentro del sistema ambiental.	2
Causa-efecto	Directo	El impacto está directamente relacionado con la percepción que tenga el observador en relación a las unidades que integran el paisaje, que en su caso, se podría ver afectada por la presencia de los trabajadores y la eliminación de la vegetación, puesto que es el atributo más importante del paisaje en cuanto a su extensión; por lo que se trata de un impacto ambiental que se generará por el proyecto mismo.	2

EVALUACIÓN DEL IMPACTO (CO.4)			
CRITERIO	RANGO	ANÁLISIS	VALOR
Momento	Mediano plazo	La contaminación visual ocurrirá desde el inicio de los trabajos implicados en el cambio de uso del suelo. La magnitud total del impacto se manifestará a los 3 meses de iniciado el proyecto, considerando que se realizará en forma gradual.	2
Persistencia	Permanente	Al término de esta etapa, los efectos sobre el paisaje derivados del desmonte, permanecerán durante toda la vida útil del proyecto, y en consecuencia, el impacto seguirá manifestándose.	3
Periodicidad	Continuo	Al término de esta etapa, los efectos sobre el paisaje derivados del desmonte, permanecerán durante toda la vida útil del proyecto, y en consecuencia, el impacto seguirá manifestándose.	3
Reversibilidad	Reversible	Al cesar esta etapa el paisaje podrá absorber el proyecto, considerando que los elementos entrópicos forman parte del entorno, por lo que dichos elementos pasarán de ser factores de perturbación, a formar parte del paisaje que prevalece en el sistema ambiental.	1
Recuperabilidad	Recuperable	Al cesar esta etapa, el paisaje podrá absorber el proyecto, considerando que los elementos entrópicos forman parte del entorno, por lo que dichos elementos pasarán de ser factores de perturbación, a formar parte del paisaje que prevalece en el sistema ambiental.	1
CÁLCULO DEL VALOR DE IMPORTANCIA: $VIM = +/- (3(3) + 2(2) + 2 + 2 + 3 + 3 + 1 + 1)$			VIM= -25

Impacto ambiental identificado: Contaminación del medio (CO.5)

Elementos del medio que serán impactados:

- ▀ Abiótico (suelo e hidrología subterránea)
- ▀ Servicios ambientales (provisión del agua en calidad)

Descripción del impacto ambiental:

Un manejo inadecuado de los residuos sólidos y líquidos que se generen durante el cambio de uso del suelo, podría traducirse en la contaminación del suelo y del acuífero subterráneo, principalmente por la generación de aguas residuales que podrían filtrarse al subsuelo y contaminar el agua subterránea.

EVALUACIÓN DEL IMPACTO (CO.5)			
CRITERIO	RANGO	ANÁLISIS	VALOR
Carácter	Negativo	Ocasiona la contaminación del recurso.	-
Intensidad	Baja	La contaminación no ocasionará la destrucción total de los recursos impactados, ni mucho menos rebasará el 50 % de los mismos	1
Extensión	Extenso	La contaminación del recurso puede alcanzar una superficie mayor a la que será intervenida durante los trabajos de preparación del sitio, incluso más allá de los límites del sistema ambiental, debido al flujo hidrológico subterráneo.	3
Causa-efecto	Indirecto	Los trabajos de preparación del sitio no serán los factores causantes de la contaminación del recurso, más bien se relaciona con un manejo inadecuado de los residuos sólidos y líquidos que se generen.	1
Momento	Mediano plazo	Una posible contaminación de los recursos naturales, ocurrirá en un tiempo mayor a tres meses, por lo que se considera un impacto que ocurrirá a mediano plazo.	2
Persistencia	Temporal	Un foco de contaminación originado por un manejo inadecuado de residuos sólidos y líquidos (aguas residuales), podría permanecer en el medio por períodos prolongados de tiempo, pero al cesar la fuente contaminante, podrían ser suprimidos del medio por elementos biológicos como las bacterias y plantas.	2

EVALUACIÓN DEL IMPACTO (CO.5)			
CRITERIO	RANGO	ANÁLISIS	VALOR
Periodicidad	Irregular	Se considera irregular, ya que la contaminación podría ocurrir en forma impredecible en el tiempo.	1
Reversibilidad	Reversible	Los agentes contaminantes podrían llegar a ser biodegradados con el paso del tiempo, y por lo tanto podrían ser suprimidos del medio.	2
Recuperabilidad	Preventivo	Se aplicarán medidas preventivas específicas para evitar que el impacto de manifieste (ver capítulo 6).	0
CÁLCULO DEL VALOR DE IMPORTANCIA: $VIM = +/- (3(1) + 2(3) + 1 + 2 + 2 + 1 + 2 + 0)$			VIM= -17

Impacto ambiental identificado: emisión de gases contaminantes (CO.6)

Elementos del medio que serán impactados:

- ▀ Servicios ambientales (captura de carbono)

Descripción del impacto ambiental:

La operación de la maquinaria será una fuente temporal de emisión de gases contaminantes durante el desmonte, ya que funcionan a base de combustibles, lo que contribuirá a la emisión de carbono hacia la atmósfera.

EVALUACIÓN DEL IMPACTO (CO.6)			
CRITERIO	RANGO	ANÁLISIS	VALOR
Carácter	Negativo	Ocasiona la contaminación del recurso.	-
Intensidad	Baja	La contaminación no ocasionará la destrucción total de los recursos impactados, ni mucho menos rebasará el 50 % de los mismos. La volumen de gases emitidos será bajo en comparación con los procesos industriales, aunado a que la operación de la maquinaria no será constante a lo largo del tiempo.	1
Extensión	Extenso	La contaminación del recurso puede alcanzar una superficie mayor a la que será aprovechada, incluso más allá de los límites del sistema ambiental, debido a que los gases pueden ser dispersados por la acción del viento en la atmósfera.	3
Causa-efecto	Indirecto	El proyecto en sí no será el factor causante de la contaminación del recurso, más bien se relaciona con el funcionamiento de la maquinaria.	1
Momento	Corto plazo	La emisión de gases contaminantes ocurrirá desde el inicio de esta etapa.	1
Persistencia	Temporal	Los gases contaminantes pueden permanecer por períodos prolongados de tiempo en la atmósfera; sin embargo, estos pueden precipitarse o ser captados por la cobertura vegetal existente en la atmósfera; lo que otorga una persistencia temporal al impacto. Aunado a que al cesar esta etapa, la maquinaria dejará de funcionar y por lo tanto el impacto dejará de manifestarse.	2
Periodicidad	Irregular	Se considera irregular, ya que la contaminación podría ocurrir en forma impredecible en el tiempo.	1
Reversibilidad	Reversible	Los agentes contaminantes podrían llegar a ser suprimidos de la atmósfera con el paso del tiempo, y por lo tanto podrían ser eliminados del medio.	2
Recuperabilidad	Preventivo	Se aplicarán medidas para reducir la cantidad de gases que serán emitidos hacia la atmósfera, con la finalidad de reducir su volumen en la atmósfera.	2
CÁLCULO DEL VALOR DE IMPORTANCIA: $VIM = +/- (3(1) + 2(3) + 1 + 1 + 2 + 1 + 2 + 2)$			VIM= -18

OP. ETAPA DE OPERACIÓN

Impacto ambiental identificado: Generación de empleos (OP.1)

Elementos del medio que serán impactados:

- ▀ Socioeconómico (sector social)

Descripción del impacto ambiental:

Según la matriz de causa y efecto, una de las primeras actividades que se realizarán, incluso antes de iniciar con la operación del proyecto, será la contratación de personal especializado para realizar los trabajos involucrados. La acción de contratar personal, influye de forma directa en el sector social al ofrecer fuentes de empleo de carácter temporal.

EVALUACIÓN DEL IMPACTO (OP.1)			
CRITERIO	RANGO	ANÁLISIS	VALOR
Carácter	Positivo	El proyecto generará un beneficio para la sociedad, al constituirse como una fuente de empleos directos e indirectos.	+
Intensidad	Media	La cantidad de personal requerido para el desarrollo de la etapa operativa es media en comparación con las otras etapas, ya que se generarán 19 empleos pero con la distinción de que estos serán de tipo permanente.	2
Extensión	Extenso	El personal que será contratado, será aquel que radique en la Localidad de Cancún; por lo que se considera que el beneficio por la generación de empleos, rebasará los límites del sistema ambiental.	3
Causa-efecto	Directo	Sin la contratación de personal, resulta imposible la ejecución de esta etapa del proyecto.	2
Momento	Corto plazo	La contratación del personal será inmediata, ya que sin ello no se podrá dar inicio a la operación del proyecto.	1
Persistencia	Permanente	El contrato de los trabajadores involucrados en las distintas actividades que dicha etapa implica, serán vigentes durante toda la vida útil del proyecto.	3
Periodicidad	Continuo	Los trabajadores se mantendrán empleados mientras tanto no finalice esta etapa, por lo que su empleo será constante a lo largo del proceso.	3
Reversibilidad	No aplica	Consultar apartado 1.4.1.	0
Recuperabilidad	No aplica	Consultar apartado 1.4.1.	0
CÁLCULO DEL VALOR DE IMPORTANCIA:			VIM = +/- (3(2) + 2(3) + 2 + 1 + 3 + 3 + 0 + 0) VIM= +21

Impacto ambiental identificado: Perturbación del hábitat (OP.2)

Elementos del medio que serán impactados:

- ▀ Biodiversidad (fauna)

Descripción del impacto ambiental:

De acuerdo con la matriz de causa y efecto, todos los trabajos de mantenimiento que se realizarán en las zonas de aprovechamiento, tendrán una interacción indirecta con la fauna del sitio. Al realizarse dichos trabajos, se estarán produciendo factores de perturbación del hábitat.

EVALUACIÓN DEL IMPACTO (OP.2)			
CRITERIO	RANGO	ANÁLISIS	VALOR
Carácter	Negativo	Los trabajos de mantenimiento a realizar en las áreas de aprovechamiento, al ser actividades de tipo antrópica, producirá un elemento de alteración (perturbación) en los recursos naturales del medio en sentido negativo.	-

EVALUACIÓN DEL IMPACTO (OP.2)			
CRITERIO	RANGO	ANÁLISIS	VALOR
Intensidad	Baja	Las actividades de mantenimiento se realizarán en forma semestral, por lo que se anticipa que el impacto no podrá adquirir mayor intensidad en sus efectos sobre el medio.	1
Extensión	Puntual	Las actividades referidas se llevarán a cabo en forma puntual, por lo que se prevé que el efecto del impacto se limitará a la superficie de aprovechamiento.	1
Causa-efecto	Directo	Las actividades de mantenimiento a realizar en las áreas de aprovechamiento causantes de perturbación, forman parte directa de la operación del proyecto.	2
Momento	Largo plazo	La perturbación del hábitat ocurrirá un semestre después de haberse concluido la etapa constructiva, por lo que se espera que el impacto se manifieste a largo plazo.	3
Persistencia	Temporal	Las actividades referidas tendrán un tiempo de duración equivalente a 1 semana en forma semestral, por lo que a su término, también cesará el impacto.	2
Periodicidad	Periódico	La perturbación del hábitat ocurrirá en forma continua pero intermitente, considerando que los trabajos de mantenimiento se realizarán en forma semestral.	2
Reversibilidad	Reversible	Al cesar las actividades de mantenimiento, las condiciones de estabilidad en el hábitat para la fauna se podrán restablecer en forma natural.	1
Recuperabilidad	Mitigable	Las áreas de aprovechamiento se mantendrán libres de obras y de actividad humana, al cesar las actividades de mantenimiento durante la operación del proyecto, por lo que pueden ser ocupadas por la fauna del sitio como zona de tránsito, descanso o refugio para la fauna silvestre.	2
CÁLCULO DEL VALOR DE IMPORTANCIA: $VIM = +/- (3(1) + 2(1) + 2 + 3 + 2 + 2 + 1 + 2)$			VIM= -17

A. JERARQUIZACIÓN DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES

Una vez hecha la identificación y descripción de los impactos ambientales, así como la valoración tanto cualitativa como cuantitativa de los mismos; como paso final en la evaluación de los impactos ambientales, se procede a realizar la jerarquización de todos y cada uno de ellos.

La jerarquización se realizará con base en los resultados obtenidos de la aplicación del algoritmo propuesto por Gómez Orea durante la valoración cuantitativa de cada impacto ambiental identificado. Con base en dichos resultados, cada impacto ambiental será jerarquizado o ponderado con base en tres categorías: 1) **significativo o relevante**, 2) **moderado** y 3) **bajo o nulo**.

▀ Impacto significativo o relevante

Es importante precisar que el rango más alto en la jerarquización de los impactos, correspondiente a la categoría de impacto significativo o relevante, será para los impactos ambientales cuya intensidad se traduzca en una destrucción casi total del factor ambiental (intensidad alta) en el caso de aquellos negativos, o en un beneficio máximo cuando sean de carácter positivo; y que además tengan un efecto inmediato sobre el medio ambiente (directo); afectando un espacio muy amplio (extenso), mucho tiempo después de ocurrida la acción (largo plazo); provocando una alteración indefinida (permanente) y continua en el tiempo. Asimismo, al desaparecer la acción que provoca dicho impacto, no será posible el retorno del componente ambiental a su estado original de manera natural, ni por medios o acciones correctoras por

parte del ser humano (irreversible e irrecuperable). De acuerdo con esta descripción y aplicando el algoritmo de Gómez Orea se obtiene lo siguiente:

Valor de importancia

$$Vim = +/- (3I + 2E + C + M + P + Pr + R + Rc)$$

$$Vim = +/- (3 (3) + 2 (3) + 2 + 3 + 3 + 3 + 2 + 3)$$

$$Vim = +/- 31$$

Con base en lo anterior, se tiene que un impacto significativo o relevante será aquel que obtenga un valor de importancia igual a +/-31.

► Impacto moderado

Como un rango intermedio entre el impacto significativo o relevante y el impacto bajo o nulo, se ubica la categoría de impacto moderado, es decir, aquellos impactos ambientales, cuya intensidad se traduce en una modificación media (intensidad media) del factor afectado, o en una cierta mejora cuando son de carácter positivo; con un efecto que tiene lugar a través de un sistema de relaciones más complejas y no por la relación directa acción-factor (indirecto), afectando un espacio intermedio (parcial), al ser comparado de manera relativa con los dos niveles anteriores (puntual y extenso); su efecto ocurrirá después de sucedida la acción en un nivel intermedio (mediano plazo) al ser comparado de manera relativa con los dos niveles anteriores (corto y largo plazo), con una duración transitoria (temporal) y en forma regular pero intermitente en el tiempo (periódico). Asimismo, cuando al desaparecer la acción que provoca el impacto, es posible el retorno del componente ambiental a su estado original, ya sea de manera natural o por medios o acciones ejecutadas por el ser humano (reversible y recuperable o mitigable). De acuerdo con esta descripción y aplicando el algoritmo de Gómez Orea se obtiene lo siguiente:

Valor de importancia:

$$Vim = +/- (3I + 2E + C + M + P + Pr + R + Rc)$$

$$Vim = +/- (3 (2) + 2 (2) + 1 + 2 + 2 + 2 + 1 + 2)$$

$$Vim = +/- 20$$

Con base en lo anterior, un impacto moderado será aquel que obtenga un valor de importancia igual o mayor a +/- 20, pero menor que +/- 31.

► Impacto bajo o nulo

Por otra parte, el rango mínimo considerado en la jerarquización de los impactos, correspondiente a la categoría de impacto bajo o nulo, será para los impactos ambientales, cuya intensidad se traduce en una modificación mínima (intensidad baja) del factor afectado, o en una cierta mejora cuando son de carácter positivo; con un efecto que tiene lugar a través de un sistema de relaciones más complejas y no por la relación directa acción-factor (indirecto); afectando un espacio muy localizado (puntual), inmediatamente o al poco tiempo de ocurrida la acción (corto plazo), cuya duración es muy breve (fugaz) y en forma discontinua e impredecible en el tiempo (irregular). Asimismo, al desaparecer la acción que provoca el impacto, es posible el retorno del componente ambiental a su estado original, ya sea de manera natural o por medios o acciones ejecutadas por el ser humano, que en todo caso impiden la manifestación del

impacto (reversible y preventivo). De acuerdo con esta descripción y aplicando el algoritmo de Gómez Orea se obtiene lo siguiente:

Valor de importancia

$$Vim = +/- (3I + 2E + C + M + P + Pr + R + Rc)$$

$$Vim = +/- (3(1) + 2(1) + 1 + 1 + 1 + 1 + 1 + 0)$$

$$Vim = +/- 10$$

Con base en lo anterior, un impacto bajo o nulo será aquel que obtenga un valor de importancia igual o mayor a +/- 10, pero menor que +/- 20.

Expuesto lo anterior y para fines del presente estudio, se consideró un valor de importancia igual a +/- 31 para los impactos significativos o relevantes; un valor de +/- 20 a +/- 30 para los impactos moderados; y un valor de +/- 10 a +/- 19 para los impactos bajos o nulos. En la siguiente tabla se presenta los valores asignados por cada categoría del impacto.

TABLA DE JERARQUIZACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES	
CATEGORÍA	VALOR
Bajo o nulo	de 10 a 19
Moderado	de 20 a 30
Significativo o relevante	= ó > 31

Cada categoría utilizada en la jerarquización de los impactos ambientales, se describe como sigue:

► **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.

► **Moderado**

Es aquel impacto negativo que ocasiona un daño sobre algún elemento del ambiente, pero sin producir un desequilibrio ecológico o un daño grave al ecosistema, o bien, aquel impacto de carácter positivo que tiende a mejorar la calidad de vida y la productividad de las personas, propiciando la preservación del equilibrio ecológico, la protección del ambiente y el aprovechamiento de los recursos naturales, de manera que no se comprometa la satisfacción de las necesidades de las generaciones futuras. En ambos casos, los impactos modifican la condición original del componente ambiental de que se trate.

► **Bajo o nulo**

Es aquel impacto negativo que ocasiona una variación sobre algún elemento del ambiente; o bien, aquel impacto de carácter positivo apenas perceptible, que representa un beneficio para algún elemento del ambiente. En ambos casos, los impactos ocurren modificando la condición original del componente ambiental de que se trate en forma casi imperceptible.

Una vez definidas las categorías jerárquicas, en las siguientes tablas se presenta la clasificación de cada impacto ambiental identificado de acuerdo con dichas categorías, por componente ambiental y por etapa del proyecto.

JERARQUIZACIÓN DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES (ETAPAS PRELIMINARES)				
No.	IMPACTO AMBIENTAL	ELEMENTO DEL MEDIO	VALOR DE IMPORTANCIA	CATEGORÍA
EP.1	Generación de empleos	Socioeconómico	+23	Moderado
EP.2	Activación de la economía local	Socioeconómico	+14	Bajo
EP.3	Perturbación del hábitat	Biodiversidad	-16	Bajo

JERARQUIZACIÓN DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES (CONSTRUCCIÓN)				
No.	IMPACTO AMBIENTAL	ELEMENTO DEL MEDIO	VALOR DE IMPORTANCIA	CATEGORÍA
CO.1	Reducción de la cobertura vegetal	Biodiversidad Servicios ambientales Suelo	-24	Moderado
CO.2	Reducción y pérdida del hábitat	Biodiversidad Servicios ambientales	-24	Moderado
CO.3	Suspensión de sedimentos	Abiótico	-18	Bajo
CO.4	Reducción de la calidad visual del paisaje	Servicios ambientales	-25	Moderado
CO.5	Contaminación del medio	Abiótico Servicios ambientales	-17	Bajo
CO.6	Emisión de gases contaminantes	Servicios ambientales	-18	Bajo

JERARQUIZACIÓN DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES (OPERACIÓN)				
No.	IMPACTO AMBIENTAL	ELEMENTO DEL MEDIO	VALOR DE IMPORTANCIA	CATEGORÍA
OP.1	Generación de empleos	Socioeconómico	+21	Moderado
OP.2	Perturbación del hábitat	Biodiversidad	-17	Bajo

4. CONCLUSIONES

A partir de la evaluación de los impactos ambientales que generará el proyecto sobre los componentes del medio que integran el sistema ambiental, se concluye que en total se generarán 11 impactos ambientales, de los cuales 8 serán negativos (3 con categoría media o moderados y 5 de categoría baja o nula); así mismo, se prevé la generación de 3 impactos positivos (2 con categoría media o moderados y 1 de categoría baja o nula).

De los impactos identificados, 3 se producirán en las etapas preliminares; 6 en la etapa constructiva; y 2 en la etapa operativa; siendo la etapa constructiva la que generará el mayor número de impactos negativos con 6 en total.

Por otra parte, resulta importante señalar que a partir de la evaluación realizada para los impactos ambientales que serán generados por el desarrollo del proyecto, se puede concluir categóricamente que el cambio de uso del suelo no producirá impactos ambientales significativos o relevantes.

MEDIDAS PREVENTIVAS Y DE MITIGACIÓN DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES

CAPÍTULO VII

PROYECTO:

“SUPERFICIES LIMITADORAS DE
OBSTÁCULOS DEL AEROPUERTO
INTERNACIONAL DE CANCÚN”



PROMUEVE: AEROPUERTO DE CANCÚN, S. A. DE C. V.



SEPTIEMBRE DEL 2014

Medida propuesta (1)	Rescate de fauna silvestre
Tipo de medida	Preventiva
Objetivo de la medida	Evitar la pérdida de la biodiversidad
Impactos ambientales prevenidos	PP.3 y CO.2
Etapas de aplicación	En los tiempos previos a que se realice el desmonte en las áreas de aprovechamiento
Momento de aplicación	Previo al inicio de las actividades de cambio de uso del suelo
Descripción de la medida	
<p>Consiste en la ejecución de un programa de rescate enfocado a la protección de la fauna silvestre, por lo tanto en él se contemplarán acciones que favorezcan el libre desplazamiento de las especies encontradas en cada uno de los procesos que implica el cambio de uso de suelo, además, también contempla el uso de técnicas de ahuyentamiento, así como técnicas de captura y traslado de individuos que así lo requieran. Su ejecución consiste en la aplicación de diferentes técnicas y métodos de rescate, aplicados a un grupo faunístico en particular, para evitar que el cambio de uso de suelo afecte en forma directa a la fauna asociada al predio. En todas las etapas del proyecto se prohibirá cualquier tipo de aprovechamiento o afectación a la fauna silvestre y se evitará el sacrificio de la fauna que quede expuesta durante los trabajos de construcción y/u operación.</p>	
Acción de la medida	
<p>Se rescatarán todos y cada uno de los ejemplares de fauna silvestre que se ubiquen dentro de la zona de aprovechamiento y cuya integridad se encuentre en riesgo durante el cambio de uso de suelo, poniendo particular énfasis en las especies de lento desplazamiento. Posteriormente, las especies rescatadas serán reubicadas dentro de las áreas de conservación del proyecto.</p>	
Eficacia de la medida	
<p>El rescate de fauna es una práctica probada con gran eficacia para salvaguardar la integridad de la fauna durante el desarrollo de un proyecto, sin embargo depende de la capacidad del personal que se contrate para la ejecución de las técnicas y métodos que se proponen en el programa respectivo; por lo que en éste caso se contratará los servicios de un técnico especializado para llevar a cabo la ejecución de esta medida.</p>	
Medida propuesta (2)	Rescate de flora silvestre
Tipo de medida	Mitigación
Objetivo de la medida	Evitar la pérdida de la biodiversidad
Impactos ambientales mitigados	PP.3, CO.1 y CO.2
Etapas de aplicación	Durante los trabajos preliminares
Momento de aplicación	Previo al inicio del desmonte
Descripción de la medida	
<p>Consiste en la extracción, previo al inicio del desmonte, de especies vegetales susceptibles de ser rescatadas, seleccionadas por sus características y valores de importancia de acuerdo con distintos criterio como son: capacidad de ornato, alimento potencial para la fauna, talla y estado de madurez, etc.; aplicando diferentes técnicas y métodos de rescate, para evitar que el proceso de cambio de uso de suelo, afecte en forma directa a la flora asociada al predio.</p>	
Acción de la medida	
<p>Se rescatarán los ejemplares de flora susceptibles de sobrevivir al trasplante y reubicación, y que se ubiquen dentro de la zona de aprovechamiento, poniendo particular énfasis en las especies listadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010.</p>	
Eficacia de la medida	
<p>El rescate de flora en una práctica probada con gran eficacia para salvaguardar la integridad de la vegetación durante el desarrollo de un proyecto, sin embargo depende de la capacidad del personal que se contrate para la ejecución de las técnicas y métodos que se proponen en el programa respectivo; por lo que en éste caso se contratará los servicios de un técnico especializado para llevar a cabo la ejecución de esta medida.</p>	

Medida propuesta (3)	Instalación de letreros
Tipo de medida	Preventiva
Objetivo de la medida	Evitar la pérdida de la biodiversidad y el riesgo sobre los servicios ambientales.
Impactos ambientales prevenidos	EP.3, CO.5 y OP.2
Etapas de aplicación	Durante toda la vida útil del proyecto
Momento de aplicación	En forma gradual conforme se avance con las áreas de aprovechamiento.
Descripción de la medida	
Esta medida es de carácter preventivo, y consiste en la instalación de letreros alusivos a la protección de la flora y la fauna silvestre, la protección del medio, y el uso adecuado de contenedores de residuos y sanitarios.	
Acción de la medida	
Se instalarán letreros alusivos a la protección de la flora y fauna, la protección del medio ambiente; así como del uso adecuado de contenedores de residuos y sanitarios. Los letreros se colocarán estratégicamente para que puedan ser visualizados por cualquier persona y estarán dirigidos al personal responsable de llevar a cabo los trabajos implicados en el cambio de uso de suelo. Así mismo, dichos letreros llevarán leyendas que indiquen la prohibición de utilizar fuego y sustancias contaminantes dentro del sitio del proyecto.	
Entre las leyendas principales que serán rotuladas en los letreros se citan las siguientes:	
<ul style="list-style-type: none"> ✓ Prohibido arrojar basura directamente al suelo. ✓ Prohibido el paso. ✓ No alimentar, cazar o capturar fauna silvestre. ✓ No extraer flora silvestre. 	
Eficacia de la medida	
La sola instalación de los letreros no resulta eficaz al 100%, ya que sólo implica la difusión de algún tipo de información, dirigida a un sector o público en específico, por lo que requiere ser reforzada con las pláticas ambientales para advertir su cumplimiento; y con los trabajos de supervisión por parte del responsable de dirigir la ejecución del cambio de uso del suelo.	

Medida propuesta (4)	Colocación de cinta precautoria
Tipo de medida	Preventiva
Objetivo de la medida	Evitar la pérdida de la biodiversidad y el riesgo sobre los servicios ambientales.
Impactos ambientales prevenidos	EP.3, CO.5 y OP.2
Etapas de aplicación	Conforme se avance con la intervención de las áreas de aprovechamiento
Momento de aplicación	Durante la etapa constructiva
Descripción de la medida	
Se colocará cinta precautoria con la leyenda "Prohibido el paso" en el perímetro de las zonas que no estén siendo desmontadas, según el calendario de actividades, con la finalidad de que sean respetadas en todo momento, hasta en tanto no sean sujetas a su aprovechamiento.	
Acción de la medida	
Promoverá el respeto, protección y conservación de la flora y la fauna dentro de las áreas de conservación; y establecerá los límites de las áreas de aprovechamiento para que el desmonte no afecte superficies adicionales a las que en su momento autorice la SEMARNAT.	
Eficacia de la medida	
La eficacia de la medida depende del grado de disciplina y conciencia ambiental que tenga el personal al momento de llevar a cabo sus actividades; por lo que esta medida será reforzada con pláticas ambientales dirigidos al todo el personal que labore dentro del proyecto y con la permanencia de la cinta hasta finalizar el cambio de uso de suelo.	

Medida propuesta (5)	Humedecimiento de las áreas de aprovechamiento
Tipo de medida	Preventiva
Objetivo de la medida	Evitar la erosión del suelo
Impactos ambientales prevenidos	CO.3
Etapas de aplicación	Preparación del sitio
Momento de aplicación	Durante los trabajos de desmonte y triturado del material vegetal.

Descripción de la medida
Consiste en el humedecimiento de las zonas que serán desmontadas, y del área donde se realizará el triturado de material vegetal, con la finalidad de evitar la suspensión de sedimentos o partículas, y en su caso, la erosión del suelo por acción eólica.
Acción de la medida
Evitará que la acción del viento suspenda sedimentos y partículas del suelo durante las distintas actividades involucradas en el cambio de uso del suelo.
Eficacia de la medida
El humedecimiento de las zonas de trabajo, son prácticas comunes dentro de la industria de la construcción, ya que se ha probado su máxima efectividad para evitar la suspensión de sedimentos, por lo que se espera alcanzar el 100% de efectividad en la medida propuesta.

Medida propuesta (6)	Desmorte gradual
Tipo de medida	Preventiva
Objetivo de la medida	Evitar la erosión del suelo y evitar la pérdida de la biodiversidad
Impactos ambientales prevenidos	EP.1 y CO.2
Etapa de aplicación	Constructiva
Momento de aplicación	Por zonas, conforme se avance en las áreas de aprovechamiento.
Descripción de la medida	
Esta medida es de carácter preventivo, y consiste en realizar el desmorte de manera paulatina para evitar que la acción del viento o de la lluvia afecte las zonas de aprovechamiento y en su caso, origine la erosión del suelo.	
Acción de la medida	
Consiste en la remoción de la vegetación de tal manera que se brinde el tiempo necesario para que la acción del viento y de la lluvia no afecte las zonas de aprovechamiento, mientras se aplican las medidas de conservación de suelos.	
Eficacia de la medida	
El desmorte gradual de la vegetación permite que no queden expuestas a las condiciones del medio (viento o lluvia), grandes extensiones de terreno, lo que en su caso podría ocasionar la erosión del suelo, por lo que se espera alcanzar el 100% de éxito en la aplicación de esta medida	

Medida propuesta (7)	Instalación de sanitarios móviles
Tipo de medida	Preventiva
Objetivo de la medida	Evitar el riesgo sobre los servicios ambientales
Impactos ambientales prevenidos	CO.5
Etapa de aplicación	Constructiva
Momento de aplicación	Previo al inicio de las actividades de cambio de uso de suelo
Descripción de la medida	
Previo a cualquier actividad implicada en el cambio de uso de suelo, se instalarán sanitarios portátiles (tipo Sanirent) a razón de 1 por cada 10 trabajadores.	
Acción de la medida	
Evitará la micción y defecación al aire libre, así como la descarga directa de agua residuales al suelo. Con la medida se evitará que dichos residuos penetren al subsuelo y alcancen el acuífero; por lo que se evitará el deterioro de la calidad del agua pluvial que será captada.	
Eficacia de la medida	
El uso de sanitarios móviles dentro de las obras, es una práctica común en el desarrollo de cualquier proyecto, y el uso adecuado de los mismos permite alcanzar el 100% de efectividad de la medida; sin embargo, ello depende del grado de disciplina y conciencia ambiental del personal de la obra, por lo que será reforzada con capacitación a través de pláticas ambientales y reglamentos que indiquen la restricción y sanciones de quienes incumplan con la medida aquí citada.	

Medida propuesta (8)	Programa integral de manejo de residuos sólidos y líquidos
Tipo de medida	Preventiva
Objetivo de la medida	Evitar el riesgo sobre los servicios ambientales
Impactos ambientales prevenidos	CO.5
Etapa de aplicación	Trabajos preliminares y construcción

Momento de aplicación	Previo al inicio de las actividades de cambio de uso de suelo
Descripción de la medida	
Esta medida consiste en la aplicación de un programa integral de manejo de residuos sólidos y líquidos.	
Acción de la medida	
Consistirá en ejecutar cada una de las medidas propuestas en el programa para alcanzar una recolección, manejo, separación, reciclado y minimización adecuada de los residuos sólidos y líquidos (incluyendo posibles derrames de hidrocarburos) que se generen durante el cambio de uso del suelo, con la finalidad de evitar que se conviertan en sustancias potencialmente contaminantes para el acuífero subterráneo.	
Eficacia de la medida	
El cumplimiento de la medida será verificado por el responsable de supervisar el cambio de uso del suelo, quien determinará el grado de eficacia de las técnicas de recolección, manejo, separación, reciclado y minimización de los residuos sólidos y líquidos que se generen, acorde al programa propuesto. Cabe mencionar que el grado de eficacia de la medida depende del grado de participación e iniciativa de los trabajadores para su aplicación; así como el nivel de supervisión que se pretenda aplicar para verificar su cumplimiento; por lo que requiere de medidas adicionales como la capacitación continua en materia de separación de residuos para alcanzar el 100% del éxito esperado. Esta medida refuerza la colocación y uso de los contenedores de residuos, así como la capacitación mediante pláticas ambientales que se impartirán, ya que servirá de base para alcanzar un desarrollo sustentable del proyecto.	

Medida propuesta (9)	Colocación de contenedores para el acopio de residuos sólidos
Tipo de medida	Preventiva
Objetivo de la medida	Evitar el riesgo sobre los servicios ambientales
Impactos ambientales prevenidos	CO.5
Etapas de aplicación	Etapas preliminares y construcción
Momento de aplicación	Previo al inicio de las actividades de cambio de uso de suelo
Descripción de la medida	
Se instalarán contenedores debidamente rotulados para el acopio de basura para cada tipo de residuo sólido urbano que se genere (lastas, papel, vidrio, residuos orgánicos, etc.), los cuales estarán ubicados estratégicamente con la finalidad de que los trabajadores puedan usar dichos contenedores, promoviendo así la separación de la basura de acuerdo con su naturaleza, con la posibilidad de recuperar subproductos reciclables.	
Acción de la medida	
Los contenedores servirán de reservorios temporales para la basura (residuos sólidos) que se genere durante las distintas etapas del proyecto, y dado el grado de hermeticidad que tendrán, impedirán que dichos residuos sean dispersados por el viento y otros factores del medio, evitando también que sean arrojados directamente al suelo o a las áreas verdes circundantes, impidiendo que se conviertan en residuos potencialmente contaminantes para el acuífero subterráneo.	
Eficacia de la medida	
El grado de eficacia de la medida depende de la cultura ambiental que tengan los trabajadores que serán contratados; ya que será necesario que los obreros hagan un uso adecuado de los contenedores, para que estos puedan cumplir su función como reservorios temporales de residuos; por lo que esta medida requiere de otras adicionales como la capacitación constante en materia de manejo de residuos, así como el establecimiento de un reglamento de obra que incluya puntos específicos sobre el manejo de residuos generados, sin dejar de fuera las sanciones a que se harán acreedores los que lo incumplan; lo anterior a efecto de poder alcanzar el 100% de éxito en su aplicación.	

Medida propuesta (10)	Mantenimiento y uso adecuado de la maquinaria
Tipo de medida	Preventiva
Objetivo de la medida	Evitar el riesgo sobre los servicios ambientales
Impactos ambientales prevenidos	CO.5
Etapas de aplicación	Preparación del sitio, construcción y operación
Momento de aplicación	En forma gradual conforme se avance con el desmonte
Descripción de la medida	
Esta medida preventiva está enfocada a prevenir derrames de hidrocarburos que puedan contaminar el suelo, subsuelo, y en casos extremos el acuífero subterráneo.	

Acción de la medida
Los mantenimientos preventivos de la maquinaria que será empleada durante el cambio de uso de suelo, se llevarán a cabo fuera del predio, en talleres especializados para tales fines. Se hará obligatorio que cada maquinaria que opere durante el cambio de uso de suelo, cuente con recipientes y un equipo preventivo, que permita colectar los hidrocarburos o lubricantes derivados de fugas accidentales.
Eficacia de la medida
Esta medida es una práctica probada con gran eficacia durante el desarrollo de un proyecto, de tal manera que si se cuenta con la correcta aplicación de la misma, se puede alcanzar el 100% de efectividad.

Medida propuesta (11)	Platicas ambientales
Tipo de medida	Preventiva
Objetivo de la medida	Evitar el riesgo sobre los servicios ambientales; la pérdida de la biodiversidad; y la erosión de los suelos
Impactos ambientales prevenidos	EP.3, CO.2, CO.5, OP.2
Etapas de aplicación	En todas las fases de desarrollo del proyecto
Momento de aplicación	Previo al inicio de las actividades de cambio de uso de suelo

Descripción de la medida
Esta medida consiste en la impartición de pláticas ambientales dirigidas a todas y cada una de las personas que estén directamente relacionadas con el proyecto en sus diferentes etapas. Serán impartidas por un especialista en la materia; y tendrán como objetivo principal, hacer del conocimiento al personal involucrado en el cambio de uso de suelo, los términos y condiciones bajo los cuales se autorice el proyecto, así como el grado de responsabilidad que compete a cada sector para su debido cumplimiento. De igual forma las pláticas ambientales serán indispensables en la aplicación del programa integral de manejo de residuos.
Acción de la medida
La ejecución de las pláticas ambientales se llevará a cabo en una sola fase que consistirá en una plática ambiental dirigida al personal involucrado en el cambio de uso de suelo; cuya finalidad será promover el desarrollo del proyecto en apego a las medidas preventivas y de mitigación que se proponen en el presente capítulo, así como en los diferentes programas que lo complementan.
Eficacia de la medida
El grado de eficacia de la medida depende de la calidad de las pláticas ambientales, el grado de participación e iniciativa de los trabajadores para su aplicación; así como el nivel de supervisión que se pretenda aplicar para verificar su cumplimiento; por lo que requiere de medidas adicionales para alcanzar el 100% del éxito esperado. Esta medida refuerza la colocación y uso de letreros, contenedores de residuos, sanitarios móviles y programas diversos.

Medida propuesta (12)	Supervisión del cambio de uso de suelo
Tipo de medida	Preventiva
Objetivo de la medida	Evitar el riesgo sobre los servicios ambientales; la pérdida de la biodiversidad; la erosión de los suelos; y la disminución en la captación de agua.
Impactos ambientales prevenidos	La totalidad de los mismos
Etapas de aplicación	Durante todas las etapas del proyecto.
Momento de aplicación	Durante todas las etapas del proyecto.

Descripción de la medida
Se contratarán los servicios de un Ingeniero Forestal que cuente con Registro Forestal Nacional, para que lleve a cabo labores de vigilancia y supervisión durante todas las etapas de desarrollo del cambio de uso de suelo, con la finalidad de prevenir o advertir sobre alguna eventualidad que ponga en riesgo los recursos forestales del sitio; y en su caso, proponer medidas adicionales a las ya descritas para subsanar las irregularidades que se presenten. Así mismo, tendrá la función de supervisar el cumplimiento de cada una de las medidas propuestas en el presente capítulo, así como de aquellas que sean establecidas por esta H. Secretaría, en caso de considerar viable la realización del presente proyecto.

Acción de la medida	
El Ingeniero Forestal realizará recorridos en el sitio del proyecto y vigilará que el proceso de cambio de uso del suelo, se realice en apego a lo previsto en este estudio; y en su caso, indicará aquellas actividades que se encuentren fuera de la Norma para que sean subsanadas en forma inmediata. Así mismo, se encargará de elaborar informes sobre el cumplimiento de los términos y condicionantes bajo los cuales se haya autorizado el proyecto, de ser el caso.	
Eficacia de la medida	
La supervisión es una de las medidas más adoptadas en todo proyecto que implique el cambio de uso de suelo, ya que permite prever alguna eventualidad que ponga en riesgo su desarrollo y propone medidas adicionales para subsanar afectaciones no previstas. Así mismo, asegura la correcta aplicación de las medidas propuestas en éste capítulo, y que las mismas se lleven a cabo sin omisión alguna, por lo que se espera alcanzar el 100% de éxito en la aplicación de la medida.	

Medida propuesta (13)	Aprovechamiento del material vegetal
Tipo de medida	Mitigación
Objetivo de la medida	Evitar la erosión del suelo
Etapas de aplicación	Constructiva
Momento de aplicación	Al término de cada área desmontada
Descripción de la medida	
Esta medida consiste en el uso del material vegetal producto del desmonte, para ser utilizado en las áreas de aprovechamiento, a manera de una capa protectora para evitar la erosión del suelo por acción eólica.	
Acción de la medida	
La capa de material vegetal que se formará con el material triturado, será suficiente para evitar que el suelo quede expuesto a la influencia de la lluvia o del viento.	
Eficacia de la medida	
La cantidad de materia orgánica en una selva, determina la calidad del suelo y de los nutrientes que éste contiene; lo cual actúa en beneficio de la flora y la fauna que alberga; por lo tanto, al reincorporar dicho material se estará promoviendo su conservación en beneficio del medio ambiente, por lo que se prevé alcanzar el 100% de efectividad de la medida.	

Medida propuesta (14)	Regeneración del sotobosque
Tipo de medida	Mitigación
Objetivo de la medida	Evitar la erosión del suelo Evitar la pérdida de la biodiversidad Reducir el riesgo sobre los servicios ambientales
Etapas de aplicación	Operación
Momento de aplicación	Durante toda la vida útil del proyecto
Descripción de la medida	
Esta medida consiste en mantener las condiciones originales del suelo dentro de las áreas de aprovechamiento, para permitir la regeneración natural del ecosistema a nivel del sotobosque, a una altura promedio de 30 cm.	
Acción de la medida	
El sotobosque o estrato herbáceo actuará como una capa natural (cobertura vegetal), para impedir que se produzcan factores de erosión sobre el suelo, por lo que este recurso estará protegido de la acción de la lluvia y el viento, lo que se verá reforzado con la capa de material vegetal triturado que se agregará durante el proceso constructivo. Así mismo, se estará permitiendo la regeneración natural del ecosistema a nivel de plántulas, en beneficio de la biodiversidad.	
Eficacia de la medida	
La vegetación o cobertura vegetal, es el mejor recurso que puede implementarse para la protección de los suelos, por lo que se considera esta medida, como la más efectiva para el proyecto.	

PRONÓSTICOS AMBIENTALES Y EN SU CASO,
EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS
CAPÍTULO VIII

PROYECTO:

“SUPERFICIES LIMITADORAS DE
OBSTÁCULOS DEL AEROPUERTO
INTERNACIONAL DE CANCÚN”



PROMUEVE: AEROPUERTO DE CANCÚN, S. A. DE C. V.



SEPTIEMBRE DEL 2014

El objetivo de éste capítulo es presentar una predicción del comportamiento que tendrá el sistema ambiental en un espacio y tiempo determinados bajo diferentes escenarios, considerando la existencia o ausencia del proyecto, así como las medidas preventivas o de mitigación propuestas en el capítulo 7 del presente manifiesto.

I. ESCENARIO 1: COMPORTAMIENTO DEL SISTEMA AMBIENTAL SIN EL PROYECTO

1. AIRE

No existe suspensión de sedimentos ni de partículas contaminantes; sin embargo, las fuentes móviles que dan origen a la producción de gases contaminantes se siguen manteniendo en forma constante, debido al tránsito aéreo y terrestre que ocurre normalmente en el Aeropuerto Internacional de Cancún.

2. SUELO

Actualmente éste recurso se encuentra en buen estado de conservación dentro de las áreas de aprovechamiento; y se observa cubierto en su totalidad con vegetación nativa. Se conservan los procesos biológicos de descomposición de materia orgánica (hojarasca, turba, etc.) que enriquecen el sustrato. No existe erosión del suelo y su relieve se mantiene uniforme.

3. HIDROLOGÍA (SUBTERRÁNEA)

Con la ausencia del proyecto el 100% de la superficie de aprovechamiento conserva su permeabilidad, lo que facilita la absorción del agua pluvial hacia el subsuelo. No existen corrientes de agua superficiales, ni cuerpos de agua lenticos (lagos, lagunas, aguadas, cenotes, etc).

4. BIODIVERSIDAD (FLORA Y FAUNA)

La perturbación del hábitat de la flora y la fauna ocurre en forma constante, debido a que en las colindancias de la zona de aprovechamiento, se encuentra el Aeropuerto Internacional de Cancún que acusa una fuerte actividad humana. No obstante lo anterior, el hábitat se sigue conservando al 100%, y se mantienen los procesos biológicos de recolonización, reproducción, y todas las relaciones de interdependencia entre especies, así como las cadenas tróficas en los diferentes niveles de la cadena alimenticia.

5. PAISAJE

Dentro de las áreas de aprovechamiento el entorno natural predomina sobre los elementos antrópicos, la calidad del paisaje es óptima ya que sólo se visualizan elementos naturales; sin embargo, se siguen haciendo presentes elementos de alteración, como la actividad humana dentro de las instalaciones del Aeropuerto Internacional de Cancún principalmente.

6. MEDIO SOCIOECONÓMICO

El sitio de aprovechamiento no ofrece un beneficio económico para sus posesionarios, ni para la gente de la localidad; no se generan empleos, no hay derrama económica, y no se promueve la actividad comercial.

7. SERVICIOS AMBIENTALES

Los servicios ambientales propios del ecosistema de selva mediana subperennifolia que subsiste dentro de las áreas de aprovechamiento, se mantienen constantes y sin cambios que afecten su potencial como generador de oxígeno, captador de carbono; así como su calidad escénica, la protección de la biodiversidad, protección de los suelos, captación de agua en cantidad y calidad, entre otros.

II. ESCENARIO 2: COMPORTAMIENTO DEL SISTEMA AMBIENTAL CON EL PROYECTO, PERO SIN LA APLICACIÓN DE MEDIDAS PREVENTIVAS O DE MITIGACIÓN

1. AIRE

La suspensión de sedimentos y de partículas contaminantes se hace presente, sin embargo, no se tiene control sobre su emisión y expansión dentro del sistema ambiental o sus inmediaciones, al grado de afectar las zonas aledañas que mantienen su cobertura vegetal. Las fuentes móviles (maquinaria) empleadas en el desmonte, dan origen a la producción de gases contaminantes y contribuyen con un ligero incremento en la emisión de gases que ocurre normalmente en el Aeropuerto Internacional de Cancún y en el sistema ambiental en general. La emisión de gases por parte de la maquinaria, se encuentra fuera de Norma, pues no cuentan con el servicio de mantenimiento adecuado para operar en forma amigable con el medio ambiente,

2. SUELO

Se conserva el 100% de éste recurso, ya que no es removido de las zonas de aprovechamiento; sin embargo, al eliminarse la cobertura vegetal se pierden los procesos biológicos de descomposición de materia orgánica (hojarasca, turba, etc.) que enriquecen el sustrato. Se generan procesos erosivos (eólicos y pluviales) dado que el recurso se encuentra expuesto por la ausencia de la cobertura forestal propia del sitio. El relieve se mantiene sin cambios, pues no ocurren excavaciones ni rellenos. No obstante, no existe un manejo adecuado de residuos sólidos y líquidos, los cuales ocasionan la contaminación del suelo.

3. HIDROLOGÍA (SUBTERRÁNEA)

Con la existencia del proyecto el 100% de la superficie de aprovechamiento mantiene su calidad permeable, por lo que no se ve afectada la absorción del agua pluvial hacia el subsuelo. No existen corrientes de agua superficiales, ni cuerpos de agua lenticos (lagos, lagunas, aguadas, cenotes, etc). No obstante, no existe un manejo adecuado de residuos sólidos y líquidos, los cuales ocasionan la contaminación del suelo, que a su vez influye de manera directa en la contaminación del manto freático, afectando la provisión de agua en calidad. Ocurren casos de micción y defecación al aire libre, los cuales se convierten en fuentes potenciales de contaminación del acuífero subterráneo.

4. BIODIVERSIDAD (FLORA Y FAUNA)

La perturbación del hábitat de la flora y la fauna ocurre en forma constante, debido a que en las colindancias de la zona de aprovechamiento, se encuentra el Aeropuerto Internacional de Cancún que acusa una fuerte actividad humana; sin embargo, dicha perturbación de incrementa con la presencia del

personal responsable de la ejecución del proyecto. Sin el control adecuado de los trabajos proyectados, existe mortandad de la flora y la fauna por remoción o aplastamiento, reduciéndose la densidad de individuos de cada especie, al grado de perderse aquellas especies de escasa distribución. Con la remoción de la cobertura vegetal en la superficie total de las áreas de aprovechamiento, los procesos biológicos de recolonización, reproducción, y todas las relaciones de interdependencia entre especies, así como las cadenas tróficas en los diferentes niveles de la cadena alimenticia se ven alteradas, y en algunos casos se pierden. Existe una eliminación total del hábitat para la flora y la fauna asociada a las áreas de aprovechamiento. A nivel del sistema ambiental no se altera ni modifican las poblaciones de flora y fauna nativa, pues aun se conservan 22,050.31 hectáreas con cobertura vegetal nativa.

5. PAISAJE

El entorno natural sigue predominando sobre los elementos antrópicos, pues no se desarrollan obras o construcciones que alteren la calidad escénica del paisaje; sin embargo su calidad visual disminuye, pues se elimina la totalidad de la cobertura vegetal existente dentro de las áreas de aprovechamiento. Al paso del tiempo el paisaje termina por absorber el proyecto, pues en el paisaje característico del sistema ambiental, predominan los elementos antrópicos.

6. SOCIOECONÓMICO

El predio ofrece un beneficio económico para sus poseedores y para la gente de la localidad; al generar empleos, derrama económica, y al activar el comercio local. Sin embargo, también se generan residuos sólidos y líquidos que producen la contaminación del medio, y en ocasiones generan problemas de insalubridad, pues existe un manejo inadecuado de los mismos.

7. SERVICIOS AMBIENTALES

Los servicios ambientales propios del ecosistema de selva mediana subperennifolia que subsiste dentro de las áreas de aprovechamiento, sufren una reducción drástica a nivel de las áreas de aprovechamiento, lo cual afecta su potencial como generador de oxígeno, captador de carbono; así como su calidad escénica, la captación de agua en calidad, la protección de la biodiversidad y la protección de los suelos; pues se pierde totalmente la cobertura vegetal, existe contaminación por un manejo inadecuado de residuos sólidos y líquidos; y el suelo queda expuesto a las condiciones climáticas de la zona. La captación de agua en cantidad se mantiene constante, pues se conserva la permeabilidad en el 100% de la superficie de aprovechamiento. A nivel del sistema ambiental no se altera ni modifica la prestación de los servicios ambientales, pues aun se conservan 22,050.31 hectáreas con cobertura vegetal nativa.

III. ESCENARIO 3: COMPORTAMIENTO DEL SISTEMA AMBIENTAL CON EL PROYECTO, Y CON LA APLICACIÓN DE MEDIDAS PREVENTIVAS O DE MITIGACIÓN

1. AIRE

La suspensión de sedimentos y de partículas contaminantes se controla, al grado de ser suprimidos del medio, y se evita la contaminación por dichos factores. Las fuentes móviles que dan origen a la producción de gases contaminantes se siguen manteniendo en forma constante, debido al tránsito aéreo y terrestre que ocurre normalmente en el Aeropuerto Internacional de Cancún. No obstante que el proyecto

contribuye con un ligero incremento en la emisión de dichos gases por el uso de maquinaria, estos serán mínimos y poco significativos, puesto que los vehículos contarán con servicio y mantenimiento periódico, lo que reduce sus emisiones a la atmósfera.

2. SUELO

Se conserva el 100% de éste recurso, ya que no es removido de las zonas de aprovechamiento; sin embargo, al eliminarse la cobertura vegetal se pierden los procesos biológicos de descomposición de materia orgánica (hojarasca, turba, etc.) que enriquecen el sustrato; lo cual se ve compensado con el uso del material vegetal triturado, producto del desmonte, que agrega una capa rica en nutrientes para el suelo. No existe erosión del suelo, pues se agrega una capa de material triturado que lo protege de la acción de la lluvia y el viento; y con el paso del tiempo se conserva el sotobosque o estrato herbáceo a una altura de 30 cm, lo que sirve como barrera protectora para evitar la erosión del recurso. El relieve se mantiene sin cambios, pues no ocurren excavaciones ni rellenos. Existe un manejo adecuado de residuos sólidos y líquidos, lo que se traduce en ausencia de contaminación del suelo.

3. HIDROLOGÍA

Con la existencia del proyecto el 100% de la superficie de aprovechamiento mantiene su calidad permeable, por lo que no se ve afectada la absorción del agua pluvial hacia el subsuelo. No existen corrientes de agua superficiales, ni cuerpos de agua lenticos (lagos, lagunas, aguadas, cenotes, etc). Existe un manejo adecuado de residuos sólidos y líquidos, lo que se traduce en la ausencia de contaminación del suelo, que a su vez beneficia la provisión de agua en calidad. No ocurren casos de micción y defecación al aire libre, pues se instalan sanitarios móviles y existe una supervisión constante del área a fin de detectar conflictos de este tipo, y en su caso, remediarlos.

4. BIODIVERSIDAD (FLORA Y FAUNA)

La perturbación del hábitat de la flora y la fauna ocurre en forma constante, debido a que en las inmediaciones de la zona de aprovechamiento, opera el Aeropuerto Internacional de Cancún que acusa una fuerte actividad humana; sin embargo, dicha perturbación de incrementa con la presencia del personal responsable de la construcción del proyecto; no obstante lo anterior, se lleva un control de los trabajos proyectados y en forma conjunta se realizan actividades preventivas encaminadas a evitar el daño o contaminación de los recursos naturales existentes en el sitio. Se lleva a cabo un rescate de flora y fauna silvestre, lo que evita la mortandad de estos recursos por remoción o aplastamiento; se reduce la densidad de individuos de cada especie, sin embargo, un porcentaje significativo de las mismas se resguardan con el rescate, conservando su acervo genético. Al conservarse el sotobosque, se restaura parcialmente el hábitat, y se restituyen los procesos biológicos de recolonización, reproducción, y todas las relaciones de interdependencia entre especies, así como las cadenas tróficas en los diferentes niveles de la cadena alimenticia, a una escala menor que la original.

5. PAISAJE

El entorno natural sigue predominando sobre los elementos antrópicos, pues no se desarrollan obras o construcciones que alteren la calidad escénica del paisaje; sin embargo su calidad visual disminuye, pues se elimina la totalidad de la cobertura vegetal existente dentro de las áreas de aprovechamiento. Al paso

del tiempo el paisaje termina por absorber el proyecto, pues en el paisaje característico del sistema ambiental, predominan los elementos antrópicos. El crecimiento del sotobosque beneficia y favorece la calidad visual del paisaje a una escala menor que la original.

6. SOCIOECONÓMICO

El predio ofrece un beneficio económico para sus poseedores y para la gente de la localidad; al generar empleos, derrama económica, y al activar el comercio local. Existe un control y manejo adecuado de los residuos sólidos y líquidos por lo que no ocurre la contaminación del medio.

8. SERVICIOS AMBIENTALES

Los servicios ambientales propios del ecosistema de selva mediana subperennifolia que subsiste dentro de las áreas de aprovechamiento, sufren una reducción drástica a nivel de las áreas de aprovechamiento, lo cual afecta su potencial como generador de oxígeno, captador de carbono; así como su calidad escénica, la captación de agua en calidad, la protección de la biodiversidad y la protección de los suelos; pues se pierde totalmente la cobertura vegetal, existe contaminación por un manejo inadecuado de residuos sólidos y líquidos; y el suelo queda expuesto a las condiciones climáticas de la zona. La captación de agua en cantidad se mantiene constante, pues se conserva la permeabilidad en el 100% de la superficie de aprovechamiento. Con el paso del tiempo, la regeneración del sotobosque restituye los servicios ambientales pero a una escala menor que la original. La afectación ocurre a nivel puntual, pues en el sistema ambiental no se altera ni modifica la prestación de los servicios ambientales, ya que aun se conservan 22,050.31 hectáreas con cobertura vegetal nativa.

ESTIMACIÓN DEL VOLUMEN POR ESPECIE DE LAS MATERIAS PRIMAS FORESTALES
DERIVADAS DEL CAMBIO DE USO DEL SUELO

CAPÍTULO IX

PROYECTO:

“SUPERFICIES LIMITADORAS DE
OBSTÁCULOS DEL AEROPUERTO
INTERNACIONAL DE CANCÚN”



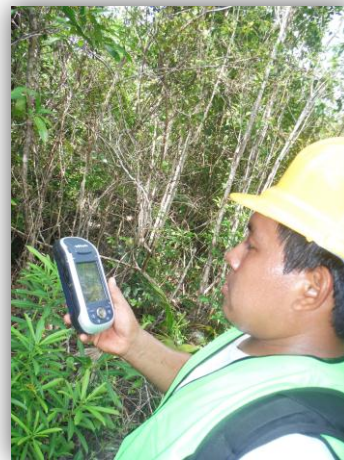
PROMUEVE: AEROPUERTO DE CANCÚN, S. A. DE C. V.



La estimación del volumen por especie de las materias primas forestales derivadas del cambio de uso de suelo propuesto en una superficie de 403,444.80 m² (40.34 ha) donde se pretende desarrollar el proyecto, se realizó mediante el análisis de datos dasométricos obtenidos de un inventario forestal realizado en el predio de estudio, dentro del cual se llevaron a cabo las actividades siguientes.

I. INVENTARIO FORESTAL

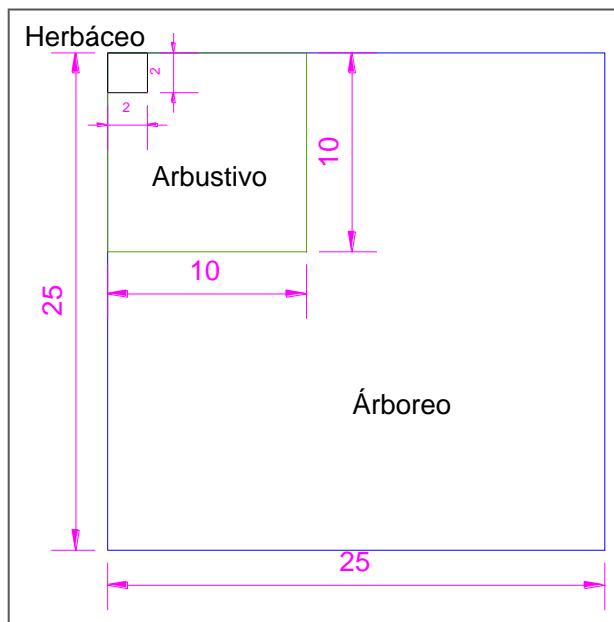
Las primeras actividades consistieron en identificar los límites de los polígonos de aprovechamiento mediante el GPS, una vez corroborados dichos datos se procedió a identificar el tipo de vegetación (Selva mediana subperennifolia) así como las condiciones en las que ésta se encontraba, como se observa en las siguientes imágenes.



Una vez definida la vegetación y con la finalidad de obtener las características dasométricas del arbolado existente en la superficie de CUSTF, se llevó a cabo un muestreo sistemático a través cuadrantes anidados (un cuadrante principal y dos subcuadrantes) para el estudio del estrato arbóreo, arbustivo y herbáceo, cuyas características se describen en los siguientes puntos:

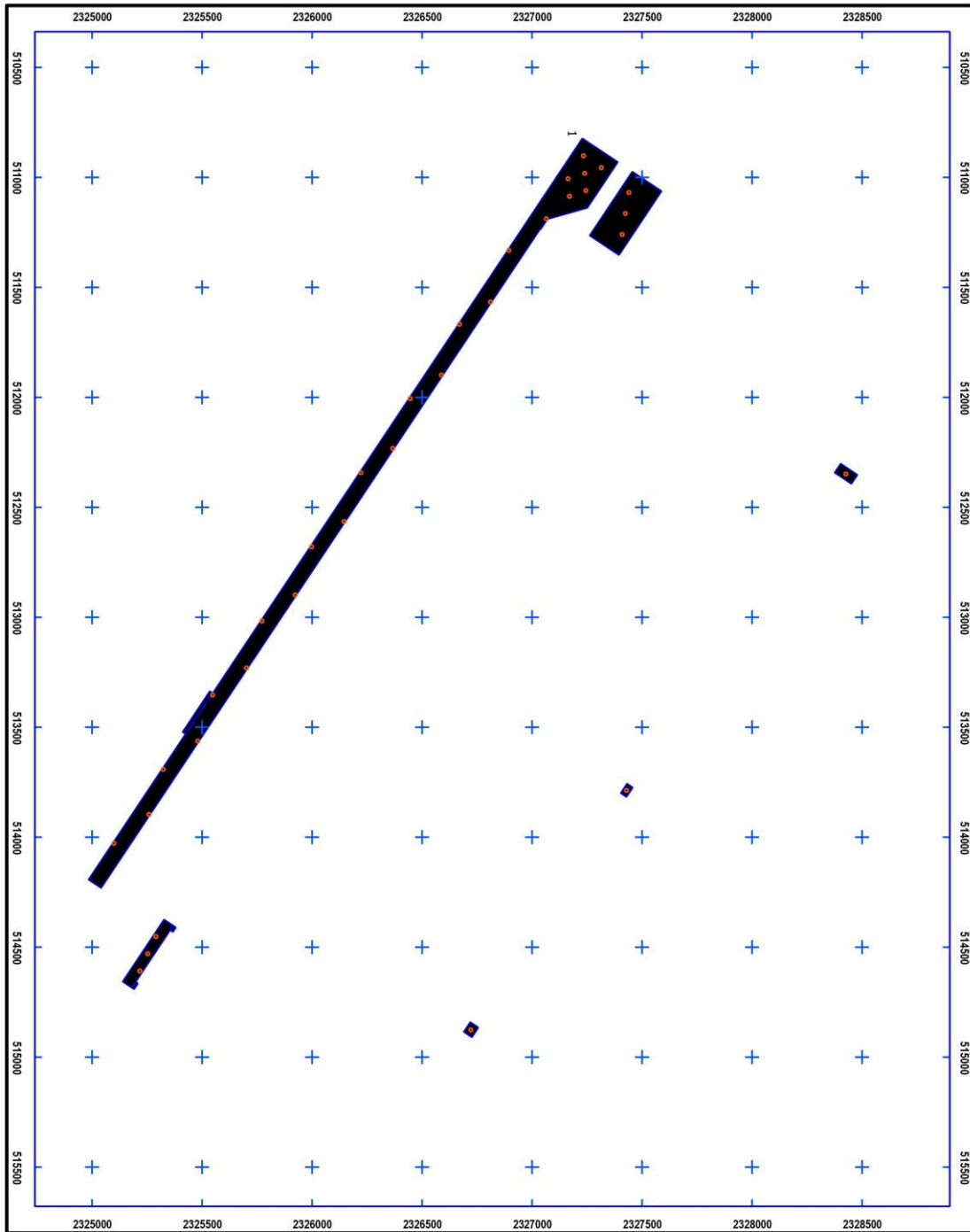
- ▶ **Estrato arbóreo.** Para el estudio de este estrato se trazaron cuadrantes de 25 m x 25 m (625 m² por cada sitio). Dentro de cada cuadrante se tomaron los datos dasométricos del arbolado adulto con diámetro a la altura del pecho igual o mayor a 10 cm.
- ▶ **Estrato arbustivo.** Para el estudio de este estrato se trazaron subcuadrantes de 10 m x 10 m (100 m² por cada sitio). Dentro de cada cuadrante se tomaron los datos dasométricos del arbolado joven con diámetro a la altura del pecho igual o mayor a 5 cm, pero menor a 10 cm.
- ▶ **Estrato herbáceo.** Para el estudio de este estrato se trazaron subcuadrantes de 2 m x 2 m (4 m² por cada sitio). Dentro de cada cuadrante se tomaron los datos de altura y cobertura para cada individuo identificado.

En la siguiente figura se muestra la forma y tamaño de los sitios de muestreo aplicados en el inventario forestal.



En total se establecieron 33 cuadrantes de muestreo, lo que da un total de 20,625 m² (2.06 ha) inventariados, con el objeto de obtener una muestra representativa de la vegetación dentro de la superficie de aprovechamiento, lo que representa una intensidad de muestreo del 5.04% con respecto a la superficie solicitada para el cambio de uso de suelo en terrenos forestales. En la siguiente tabla se presentan las coordenadas (UTM/WGS84_16Q Norte) de los sitios de muestreo y en el plano georreferenciado de la página siguiente, se muestra la distribución de los mismos.

COORDENADAS EN UTM/WGS84_16Q N					
SITIOS	X	Y	SITIOS	X	Y
1	510901.3967	2327234.0650	18	512347.6399	2328427.1237
2	510955.3672	2327315.1028	19	512564.2263	2326145.6310
3	510980.5512	2327239.8396	20	512678.9831	2325997.7235
4	511005.7352	2327164.5765	21	512897.1501	2325923.9065
5	511059.7057	2327245.6142	22	513016.0685	2325773.2275
6	511068.5299	2327440.2426	23	513230.0738	2325702.1820
7	511084.8896	2327170.3511	24	513353.1538	2325548.7314
8	511163.6403	2327425.1992	25	513562.9976	2325480.4575
9	511187.4712	2327065.7781	26	513690.2391	2325324.2353
10	511258.7507	2327410.1558	27	513786.8295	2327430.2130
11	511330.6418	2326895.7078	28	513895.9214	2325258.7330
12	511565.4550	2326810.8046	29	514027.3244	2325099.7393
13	511667.7272	2326671.2117	30	514451.6918	2325290.4354
14	511898.3787	2326589.0801	31	514529.4668	2325253.8726
15	512004.8125	2326446.7157	32	514607.2418	2325217.3090
16	512231.3025	2326367.3556	33	514875.3195	2326722.7061
17	512341.8978	2326222.2196	Superficie muestreada		20,625 m ²



<p>1:15990</p>	<p>SIMBOLOGIA</p> <p>POLIGONOS DE APROVECHAMIENTO</p> <p>SITOS DE MUESTREO</p>	<p>DOCUMENTO TÉCNICO UNIFICADO, MODALIDAD B PARA EL CAMBIO DE USO DE SUELO EN TERRENOS FORESTALES</p> <p>PROYECTO: "SUPERFICIES LIMITADORAS DE OBSTACULOS DEL AEROPUERTO INTERNACIONAL DE CANCÚN"</p> <p>NOMBRE DEL PLANO: SITOS DE MUESTREO</p> <p>PROYECCION: UTM DATUM: WGS84 ZONA: 18Q NORTE</p> <p>ELABORADO POR: ING. RENEVALDO MARTINEZ LOPEZ</p> <p>JULIO DEL 2014</p>
----------------	---	--

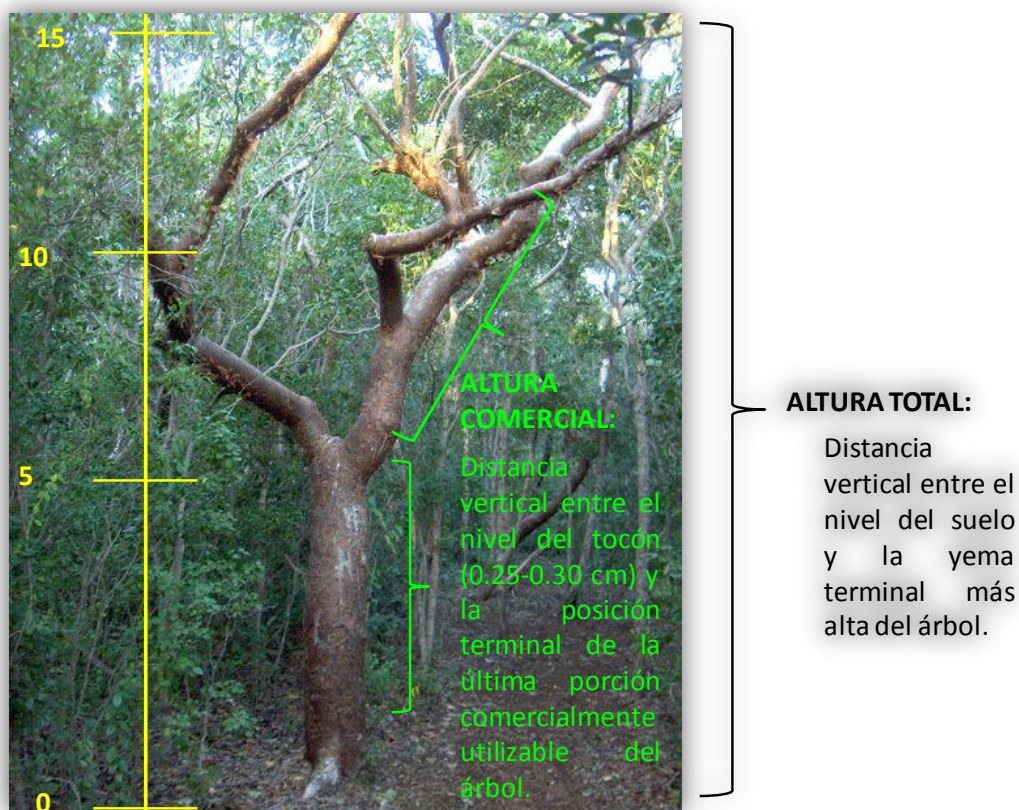
II. REGISTRO DE VARIABLES

Sólo para el caso del estrato arbóreo, la comunidad inventariada incluyó a todos los ejemplares con un diámetro normal a la altura del pecho (DAP) mayor o igual a 10 centímetros y de más de 1.30 metros de altura total. Los ejemplares registrados fueron marcados con números consecutivos para su identificación.

Las variables dasométricas registradas en el censo forestal fueron las siguientes:

- ▶ Número de registro (árbol).
- ▶ Nombre común.
- ▶ Nombre científico.
- ▶ Altura total en metros.
- ▶ Diámetro normal (DAP) en centímetros.
- ▶ Altura comercial en metros.
- ▶ Condición (vivo, derribado, muerto, etc.).

En la imagen siguiente se ilustra la forma en la cual fueron registradas las variables dasométricas para el censo forestal en el estrato arbóreo.



III. EQUIPO UTILIZADO

Para la realización de la toma de datos se utilizó el siguiente equipo y materiales:

- ▶ Clinómetro
- ▶ Cinta diamétrica
- ▶ Cinta métrica
- ▶ Machete
- ▶ Geoposicionador satelital marca Ashetch Modelo Promark 200
- ▶ Cámara fotográfica digital
- ▶ Libreta de campo
- ▶ Lápices de grafito
- ▶ Crayones industriales
- ▶ Pintura en aerosol

En las fotografías siguientes se muestran las diferentes actividades realizadas durante el inventario forestal en el predio.



IV. ESTIMACIÓN DEL VOLUMEN DE MATERIAS PRIMAS FORESTALES

Considerando que en la zona norte del Estado de Quintana Roo no se cuenta con tablas de volúmenes que permitan calcular de manera precisa el volumen total árbol de las especies nativas existentes en el predio; se optó por estimar los Volúmenes Rollo Total Árbol de los individuos inventariados utilizando la fórmula general de un cilindro. Lo anterior considerando que los fustes de los árboles generalmente se asemeja a un cilindro medido a una cierta altura, corrigiendo el error con un coeficiente de forma o "coeficiente mórfico", mediante la fórmula siguiente:

$$V.R.T.A = \frac{3.1416 \times (Dap) \times ht \times f}{4}$$

Donde:

V.T.A = Volumen Rollo Total Árbol en metros cúbicos

Dap = Diámetro normal o Diámetro a la altura del pecho

ht = Altura total del árbol

f = Coeficiente mórfico o factor de forma (0.5)

A continuación se presentan las estimaciones para cada una de las especies arbóreas registradas con respecto a su densidad (número de individuos), área basal y volumen rollo total árbol, por hectárea y por la superficie de cambio de uso de suelo solicitada, para lo cual se consideraron los árboles con DAP mayor a 10 cm y con fuste limpio mayor a 1.30 metros.

ESTIMACIONES Especies	POR HECTÁREA (10,000 m ²)			SUPERFICIE DE CUSTF (403,444.80 m ²)		
	# de Ind	AB (m ²)	Vol.T.A (m ³)	# de Ind	AB (m ²)	Vol. R.T.A (m ³)
<i>Brosimum alicastrum</i>	1	0.043	0.92	59	1.74	37.17
<i>Bursera simaruba</i>	30	1.042	14.05	1,213	42.04	566.88
<i>Caesalpinia gaumeri</i>	1	0.022	0.40	39	0.90	16.04
<i>Cecropia peltata</i>	1	0.010	0.15	20	0.39	6.06
<i>Chrysophyllum mexicanum</i>	1	0.006	0.28	20	0.23	11.15
<i>Coccoloba barbadensis</i>	1	0.026	0.22	20	1.04	9.00
<i>Coccoloba spicata</i>	2	0.051	0.80	98	2.05	32.28
<i>Cordia dodecandra</i>	1	0.069	1.07	59	2.78	43.23
<i>Croton campechianus</i>	1	0.050	0.91	59	2.03	36.77
<i>Croton gaumeri</i>	1	0.061	0.69	59	2.45	27.78
<i>Dendropanax arboreus</i>	2	0.048	0.93	98	1.94	37.36
<i>Diospyros cuneata</i>	1	0.014	0.61	59	0.57	24.65
<i>Dipholis salicifolia</i>	2	0.065	1.23	98	2.62	49.49
<i>Drypetes lateriflora</i>	1	0.007	0.28	20	0.29	11.35
<i>Esenbeckia pentaphylla</i>	1	0.007	0.32	20	0.29	12.91
<i>Ficus obtusifolia</i>	6	0.212	3.48	254	8.57	140.45
<i>Ficus tecolutensis</i>	2	0.088	1.30	98	3.56	52.42
<i>Guettarda elliptica</i>	1	0.004	0.14	20	0.16	5.48
<i>Gutterda combsii</i>	1	0.015	0.49	59	0.59	19.76
<i>Gymnanthes lucida</i>	1	0.019	0.31	39	0.78	12.52
<i>Hampea trilobata</i>	1	0.014	0.18	20	0.55	7.24
<i>Krugiodendron ferreum</i>	1	0.034	0.75	59	1.39	30.12
<i>Leucaena leucocephala</i>	2	0.048	1.26	98	1.92	50.86

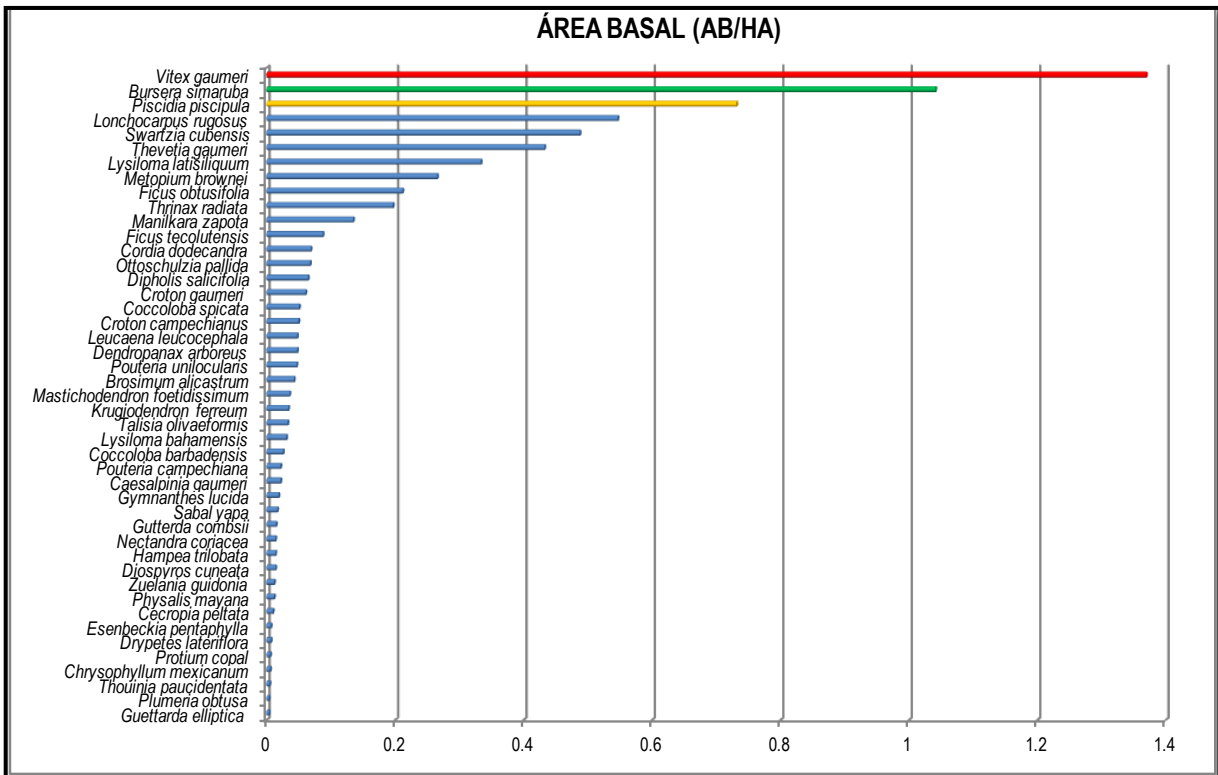
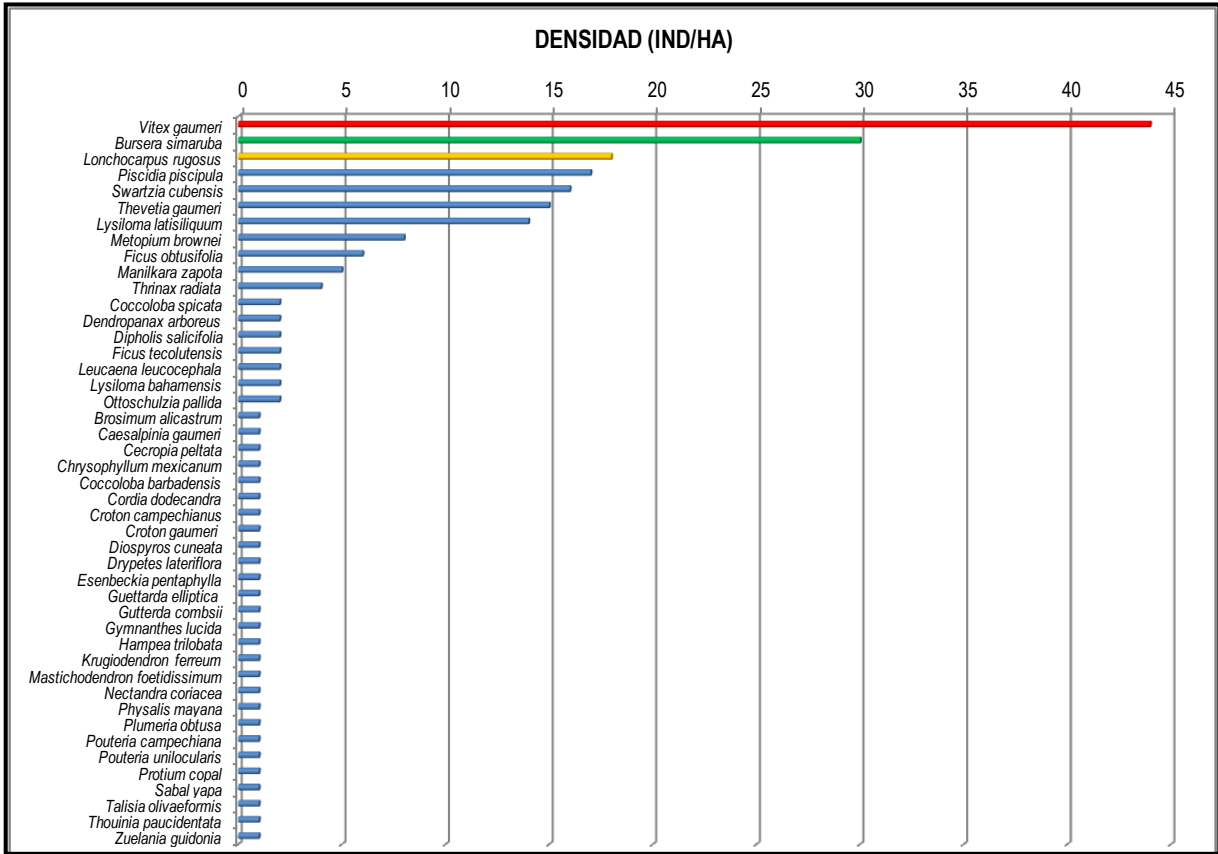
ESTIMACIONES Especies	POR HECTÁREA (10,000 m ²)			SUPERFICIE DE CUSTF (403,444.80 m ²)		
	# de Ind	AB (m ²)	Vol.T.A (m ³)	# de Ind	AB (m ²)	Vol. R.T.A (m ³)
<i>Lonchocarpus rugosus</i>	18	0.547	9.63	724	22.06	388.48
<i>Lysiloma bahamensis</i>	2	0.031	1.28	98	1.23	51.84
<i>Lysiloma latisiliquum</i>	14	0.334	6.49	567	13.48	261.92
<i>Manilkara zapota</i>	5	0.135	2.32	215	5.46	93.70
<i>Mastichodendron foetidissimum</i>	1	0.036	0.47	20	1.47	18.97
<i>Metopium brownei</i>	8	0.266	4.36	333	10.72	176.05
<i>Nectandra coriacea</i>	1	0.014	0.22	20	0.55	8.80
<i>Ottoschulzia pallida</i>	2	0.068	0.71	78	2.76	28.75
<i>Physalis mayana</i>	1	0.012	0.17	20	0.49	6.85
<i>Piscidia piscipula</i>	17	0.732	11.21	685	29.54	452.25
<i>Plumeria obtusa</i>	1	0.004	0.13	20	0.16	5.09
<i>Pouteria campechiana</i>	1	0.022	0.32	20	0.88	12.91
<i>Pouteria unilocularis</i>	1	0.047	0.77	59	1.88	30.91
<i>Protium copal</i>	1	0.006	0.26	20	0.25	10.56
<i>Sabal yapa</i>	1	0.017	0.33	20	0.70	13.30
<i>Swartzia cubensis</i>	16	0.488	7.98	646	19.68	321.78
<i>Talisia olivaeformis</i>	1	0.033	0.45	59	1.35	18.00
<i>Thevetia gaumeri</i>	15	0.433	6.71	606	17.47	270.72
<i>Thouinia paucidentata</i>	1	0.005	0.21	20	0.20	8.41
<i>Thrinax radiata</i>	4	0.197	2.19	176	7.94	88.42
<i>Vitex gaumeri</i>	44	1.370	23.12	1,760	55.28	932.67
<i>Zuelania guidonia</i>	1	0.012	0.17	20	0.49	6.85
TOTALES	217	6.76	110.25	8,763	272.89	4,448.16

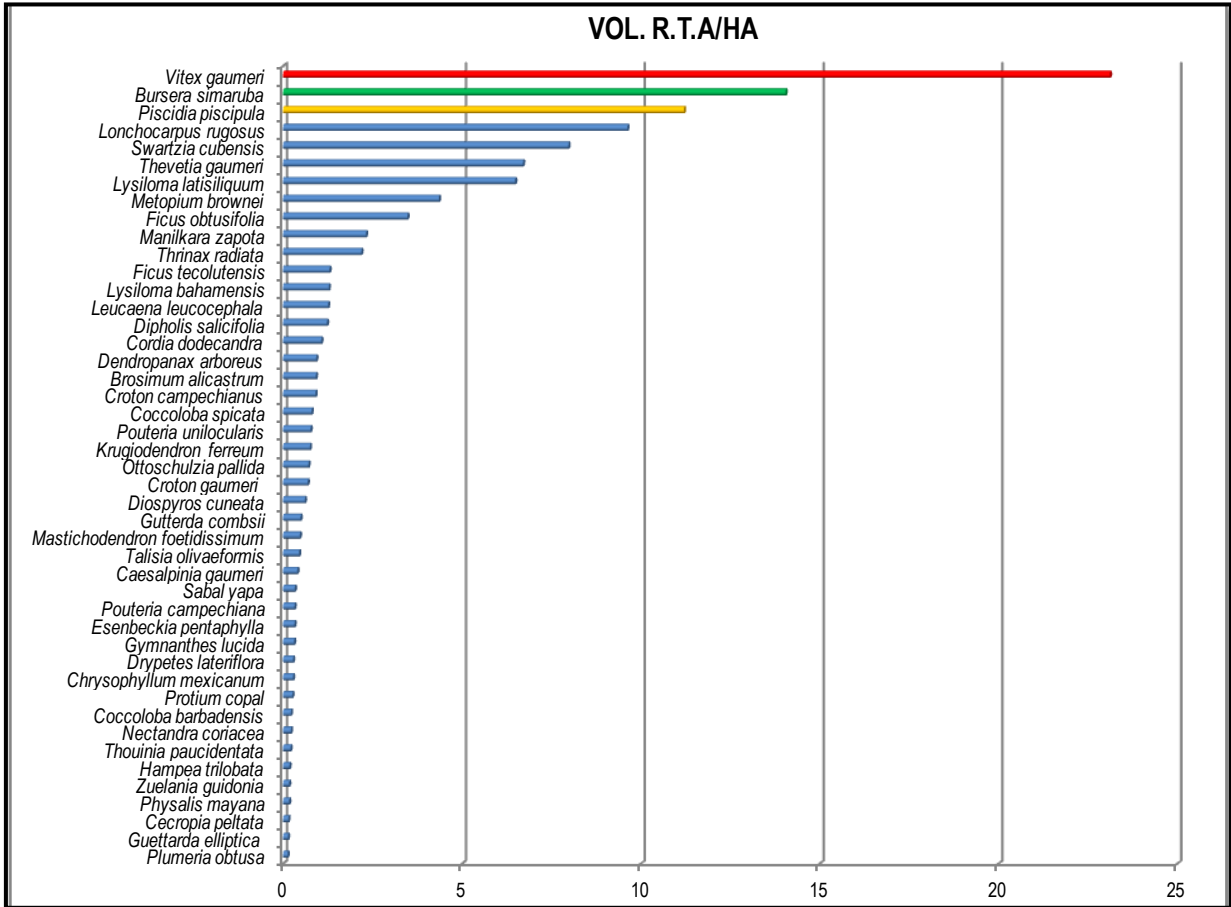
En conclusión y de acuerdo con los resultados obtenidos durante el análisis de los datos tomados del inventario forestal; se estima un total de 8,763 individuos considerados como materias primas forestales, con un área basal de 272.89 m² y un volumen rollo total árbol de 4,448.16 m³ que pueden obtenerse en la superficie solicitada para el cambio de uso de suelo en terrenos forestales.

De los datos referidos en el párrafo anterior, las especies más importantes dentro de la superficie de cambio de uso de suelo propuesta, de acuerdo con su densidad (IND/CUSTF), área basal (AB/CUSTF), así como de su volumen total (Vol. RTA/CUSTF), son:

- Por densidad: *Vitex gaumeri* (ya'ax nik), *Bursera simaruba* (chacah) y *Lonchocarpus rugosus* (canasín).
- Por área basal: *Vitex gaumeri* (ya'ax nik), *Bursera simaruba* (chacah) y *Piscidia piscipula* (jabín).
- Por volumen rollo total árbol: *Vitex gaumeri* (ya'ax nik), *Bursera simaruba* (chacah) y *Piscidia piscipula* (jabín).

Lo anterior se ejemplifica en las siguientes gráficas:





ESTIMACIÓN ECONÓMICA DE LOS RECURSOS BIOLÓGICOS
FORESTALES DEL ÁREA SUJETA AL CAMBIO DE USO DE SUELO

CAPÍTULO X

PROYECTO:

“SUPERFICIES LIMITADORAS DE
OBSTÁCULOS DEL AEROPUERTO
INTERNACIONAL DE CANCÚN”



PROMUEVE: AEROPUERTO DE CANCÚN, S. A. DE C. V.



AGOSTO DEL 2014

De acuerdo con la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), el Valor Económico Total (VET) de los recursos biológicos, es formalmente igual a la suma de todos los valores de uso directos e indirectos, más los valores de no-uso y de opción, de acuerdo con la siguiente expresión¹:

$$\text{VET} = \text{VUD} + \text{VUI} + \text{VO} + \text{VL} + \text{VE}$$

Donde:

VUD= Valores de uso Directo. Son los beneficios que resultan, entre otros, de los usos reales, tales como alimentos, abonos y pieles, así como usos culturales o rituales.

VUI= Valores de uso indirecto. Son los beneficios derivados de las funciones del ecosistema. Por ejemplo, los servicios ambientales que provee la cobertura vegetal en un predio.

VO= Valores de opción. Se derivan del valor asignado a la protección de un activo o un bien por la opción de utilizarlo en una fecha futura. Es una especie de valor de seguro (dada la incertidumbre sobre el futuro y la aversión al riesgo) frente a la aparición de, por ejemplo, una nueva enfermedad animal o una sequía o cambio climático.

VL= Valores de Legado. Miden el beneficio que recibe un individuo a partir del conocimiento de que otros se podrán beneficiar de un recurso en el futuro.

VE= Valores de Existencia. Se derivan simplemente de la satisfacción de saber que existe un determinado activo o bien (p. ej., ballenas azules).

A continuación se presenta la valoración económica de los recursos biológicos, de acuerdo con la metodología propuesta por la FAO, considerando todos los valores implicados en el cálculo final (VET).

I. VALORES DE USO DIRECTO (VUD)

Para la estimación de éste valor, consideramos el costo de las materias primas forestales que pueden derivar del área sujeta al cambio de uso de suelo, en el supuesto de que se obtenga un beneficio por la venta de la madera (uso directo), para lo cual se consideró el volumen total árbol que se obtendrá de la superficie de CUSTF que es de 4,448.16 m³, así como los "**Precios de productos forestales maderables**" presentados en el reporte trimestral abril/junio de 2014², emitido por la Comisión Nacional Forestal, tal como se describe a continuación:

» Tipo de precios:

a) Los precios que se presentan son en pesos mexicanos y son precios promedio ponderados.

¹ <http://www.fao.org/docrep/012/a1250s/a1250s19.pdf>

² <http://www.conafor.gob.mx:8080/documentos/docs/39/5443Reporte%20de%20Precios%20de%20Productos%20Forestales%20.pdf>

b) Los precios en clima tropical son ponderados por el volumen de la producción forestal maderable estatal de maderas preciosas.

c) Para el clima tropical los estados incluidos son Campeche, Quintana Roo, Tabasco y Veracruz.



Obtenidos en:	Tipo de precio	Primario
Aserraderos	LAB en brecha	1,445.04
	LAB en aserradero	1,890.68
Predios	LAB en brecha	1,390.45

Precio Libre a Bordo (LAB). Sistema donde el vendedor cotiza su precio de venta en la fábrica u otro punto de producción y el comprador paga todo el precio de transporte.

Para el caso particular del proyecto, sólo se considera el precio por metro cúbico Libre a Bordo para trocería obtenida en predio (\$1,390.45 por m³), ya que esta se refiere a madera en rollo (Precio Libre a Bordo en brecha del metro cúbico: corresponde al precio de la trocería en el predio puesta en la brecha para ser cargada al camión); y dado que no se tiene la intención de transformar la madera en aserraderos.

El LAB para trocería en brecha obtenida en predio considerando los 4,448.16 m³ de Vol. R.T.A. en la superficie de CUSTF, asciende a la cantidad de \$6'184,944.07 (son seis millones ciento ochenta y cuatro mil, novecientos cuarenta y cuatro pesos 07/100 M. N.).

II. VALORES DE USO INDIRECTO (VUI)

Para el cálculo de éste valor, se utilizó la estimación del costo de los servicios ambientales que provee el ecosistema que se desarrolla en el predio, particularmente, aquellos relacionados con la captura de carbono, los servicios ambientales hidrológicos, y la protección de la biodiversidad, tal como se describe a continuación.

1. CAPTURA DE CARBONO

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. 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 la atmósfera por el cambio de uso de suelo acarrea daños ambientales al propiciar el calentamiento atmosférico global. En la siguiente tabla se presenta la estimación económica del valor de la captura de carbono por hectárea

para distintos bosques, entre los cuales se encuentra el bosque tropical siempre verde, tipo de ecosistema de mayor similitud con el que se ubica en el sitio del proyecto.

<i>Bosque templado caducifolio</i>	<i>Bosque tropical caducifolio</i>	<i>Bosque templado</i>	<i>Bosque tropical siempreverde</i>
600	1 800	3 000	3 600

Tomado de: <http://www.biodiversidad.gob.mx/publicaciones/librosDig/pdf/divBiolMexEPais8.pdf>

El proyecto que se propone implica el cambio de uso de suelo en terrenos forestales, a través de la remoción de vegetación forestal correspondiente a Selva mediana subperennifolia, en una superficie de 403,444.80 m² (40.34 ha), que corresponden al 100% de la superficie total de los polígonos que se somete a evaluación, de tal forma que con base en los estimados que se presentan en el cuadro anterior, a los recursos forestales del área de cambio de uso de suelo les corresponde un valor de 3,600 dólares por hectárea, es decir, que las 40.34 ha de cambio de uso de suelo representan un valor de 145,224 dólares por concepto de depósitos de carbono, los cuales a un tipo de cambio aproximado de 12.80 pesos mexicanos, corresponden a \$1'858,867.20 (son un millón, ochocientos cincuenta y ocho mil, ochocientos sesenta y siete pesos 20/100 M.N.).

2. SERVICIOS AMBIENTALES HIDROLÓGICOS

Los montos que a continuación se presentan, se obtuvieron del Componente V. Servicios ambientales, de las Reglas de Operación del Programa Nacional Forestal 2014³, publicado en el Diario Oficial de la Federación el 31 de diciembre del 2013.

El pago por el servicio ambiental hidrológico se realiza por períodos de 5 años de acuerdo con las Reglas de Operación del Programa Nacional Forestal 2014⁴, según las cuales se puede llegar a pagar hasta \$1,100 pesos por hectárea por año. Por lo tanto, la superficie de cambio de uso de suelo solicitada (40.34 ha) podría obtener un monto anual por pago de servicios ambientales hidrológicos de \$44,374.00 pesos mexicanos, lo que en un plazo de 50 años que es el equivalente al tiempo de vida útil del proyecto, arroja un monto total de \$2'218,700.00 (son dos millones, doscientos dieciocho mil setecientos pesos 00/100 M.N.).

3. PROTECCIÓN DE LA BIODIVERSIDAD

Los montos que a continuación se presentan, se obtuvieron del Componente V. Servicios ambientales, de las Reglas de Operación del Programa Nacional Forestal 2014, publicado en el Diario Oficial de la Federación el 31 de diciembre del 2013.

El pago por el servicio ambiental por la conservación de la biodiversidad, según las Reglas de Operación del Programa Nacional Forestal 2014, puede ser hasta de \$550 pesos por hectárea por año. Por lo tanto, la superficie de cambio de uso de suelo solicitada (40.34 ha) podría obtener un monto anual por pago de servicios ambientales por la protección de la biodiversidad de \$22,187.00 pesos mexicanos, lo que en un

³ http://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5328575&fecha=31/12/2013

⁴ http://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5328575&fecha=31/12/2013

plazo de 50 años que es el equivalente al tiempo de vida útil del proyecto, arroja un monto total de \$1'109,350.00 (son un millón, ciento nueve mil, trescientos cincuenta pesos 00/100 M.N.).

En resumen, el valor total (VUI) por la prestación de los servicios ambientales del ecosistema que se desarrolla en el predio (captura de carbono, hidrológicos y protección de la biodiversidad), asciende a la cantidad de \$5'186,917.20 (son cinco millones, ciento ochenta y seis mil, novecientos diecisiete pesos 20/100 M.N.).

III. VALOR DE OPCIÓN (VO)

Considerando que se trata de un concepto que deriva del valor asignado a la protección de un activo o un bien por la opción de utilizarlo en una fecha futura, para la estimación de éste componente se consideró el **valor farmacéutico** de las especies que se encuentran presentes en la superficie de cambio de uso de suelo, tomando en cuenta que su permanencia a futuro, podría derivar en la conservación de recursos farmacéuticos aún no descubiertos que pueden ser aprovechados a largo plazo.

A continuación se describe el monto de éste valor.

De acuerdo con el Gobierno de México y Banco Mundial (1995), se estima que el valor farmacéutico de los recursos forestales del país podría relacionarse con valores que van desde los 26 y hasta los 4,600 millones de dólares anuales. Dicho estudio parte de la riqueza de especies farmacéuticas relacionadas con el bosque tropical húmedo (grado de biodiversidad alta). En la siguiente tabla se presentan los valores por hectárea así como los valores totales para el bosque húmedo tropical y para todos los Bosques del país.

Grado de biodiversidad	Valor para el bosque húmedo tropical		Valor de todos los bosques
	(Dólares / ha / año)	Millones de dólares por año	Millones de dólares por año
Bajo	1	5	26
Medio	6	66	332
Alto	90	875	4 646

Tomado de: <http://www.biodiversidad.gob.mx/publicaciones/librosDig/pdf/divBioIMexEPais8.pdf>

Considerando los datos de la tabla anterior y partiendo del supuesto de que el bosque húmedo tropical (ecosistema similar al que se desarrolla en el predio) con un grado de biodiversidad medio, tiene un valor farmacéutico de 6 dólares por hectárea por año, entonces para la vegetación que se desarrolla en la superficie de cambio de uso de suelo (40.34 ha), con un valor de biodiversidad medio, el costo sería de 242.04 dólares por hectárea por año, lo cual a un tipo de cambio aproximado de \$12.80 pesos mexicanos, asciende a la cantidad de \$3,098.11 pesos mexicanos anuales (son tres mil noventa y ocho pesos 11/100 M. N.), lo que a un plazo de 50 años que equivalen al tiempo de vida útil del proyecto, arroja un total de \$154,905.60 (son ciento cincuenta y cuatro mil novecientos cinco pesos 60/100 M.N.).

IV. VALOR DE LEGADO (VL)

Es el valor que se le asigna a los recursos naturales para que las futuras generaciones tengan la oportunidad de usarlos. Para la estimación de éste valor se utilizó del método de valoración contingente⁵

⁵ http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lec/leal_r_cl/capitulo2.pdf

que consiste en averiguar los cambios en el bienestar de las personas ante cambios hipotéticos (contingente) de un bien o servicio ambiental. Este método, ha sido comúnmente empleado para obtener la valoración económica de áreas naturales que cumplen una función de recreación en la función de utilidad familiar.

El objetivo del método o modelo de valoración contingente es encontrar la valoración económica de aquellos bienes y servicios que carecen de un mercado a través de la creación de un mercado hipotético. Sin embargo su comprensión intuitiva es mucho más sencilla que eso. Simplemente se les pregunta a los individuos por la máxima cantidad de dinero que pagarían por un bien o servicio ambiental si tuvieran que comprarlo, es decir, que la persona entrevistada se encuentra en un escenario parecido al que diariamente se enfrenta en el mercado: comprar o no una cantidad determinada de un bien a un precio dado, como hacen con los demás bienes, con la diferencia fundamental de que en esta ocasión el mercado es hipotético y, por lo general no tiene que pagar la cantidad revelada.

Visto, lo anterior, se deja de manifiesto que la aplicación del método de valoración contingente, se llevó a cabo a través de una encuesta realizada a 100 personas, donde las preguntas realizadas representaron el mercado hipotético, del cual, la oferta se encontró representada por la persona entrevistadora y la demanda por la entrevistada. El formato de la encuesta se tomo de Azqueta (1994), cuya estructura se describe como sigue:

- » En la primera parte, se expuso la información acerca del bien o servicio en cuestión, de modo que el entrevistado tuvo todas las herramientas para identificar el problema a tratar.
- » El segundo bloque, incluyó información respecto a las modificaciones de cantidad, que se llevarán a cabo en el bien o servicio ambiental. Dentro de este segundo bloque también se incluyó información del modo de pago, es decir, se le informó que tendrá que pagar por dicha modificación vía impuestos.
- » Por último, en el tercer bloque de información, se incluyeron todos aquellos datos sosioeconómicos del entrevistado que son relevantes en la toma de desiciones de valoración y que también son imprescindibles en el correcto manejo del método como: ingresos, edad, profesión, etc.

La encuesta se llevó a cabo vía correo electrónico, dado su bajo costo de operación y la inclusión de ayuda visual (gráficos, imágenes, fotos, etc.). Para la encuesta se utilizó el sistema de preguntas múltiples, de tal manera que al entrevistado le fue presentada una tabla con diferentes opciones para obtener una valoración total al final del ejercicio.

Cabe mencionar que de las 100 personas que fueron incluidas en la encuesta, sólo 65 contestaron las preguntas y enviaron de regreso sus respuestas. Del total de esta muestra se determinó la media como medida de agregación, con el supuesto de utilizarse como estimador de lo que la persona tipo estaría dispuesta a pagar para obtener una mayor cantidad o calidad de un bien.

A continuación se presentan los resultados de las encuestas, considerando el mercado hipotético de preservar una superficie de una hectárea de Selva mediana subperennifolia, para que las futuras generaciones tengan la oportunidad de usarlos.

# de entrevistado	Profesión y ocupación	Monto anual sugerido
1	Ama de casa	\$3,000.00
2	Biólogo	\$17,000.00
3	Biólogo	\$7,000.00
4	Biólogo	\$10,900.00
5	Biólogo	\$14,000.00
6	Ingeniero forestal	\$13,200.00
7	Abogado	\$3,500.00
8	Ingeniero forestal	\$5,500.00
9	Abogado	\$4,500.00
10	Arquitecto	\$3,000.00
11	Ama de casa	\$3,200.00
12	Ingeniero forestal	\$9,500.00
13	Arquitecto	\$3,200.00
14	Arquitecto	\$3,000.00
15	Biólogo	\$10,000.00
16	Biólogo	\$8,500.00
17	Biólogo	\$11,200.00
18	Ingeniero forestal	\$16,500.00
19	Administrador de empresas	\$7,000.00
20	Administrador de empresas	\$6,500.00
21	Ingeniero ambiental	\$7,500.00
22	Abogado	\$3,500.00
23	Consultor ambiental	\$11,500.00
24	Ama de casa	\$3,200.00
25	Ingeniero forestal	\$8,800.00
26	Consultor ambiental	\$10,500.00
27	Consultor ambiental	\$14,000.00
28	Consultor ambiental	\$3,500.00
29	Biólogo	\$3,200.00
30	Biólogo	\$8,500.00
31	Biólogo	\$3,800.00
32	Ingeniero forestal	\$3,200.00
33	Ecólogo	\$13,000.00
34	Administrador de empresas	\$3,200.00
35	Docente	\$3,000.00
36	Ecólogo	\$18,800.00
37	Docente	\$8,500.00
38	Ingeniero ambiental	\$23,000.00
39	Biólogo	\$13,200.00
40	Biólogo	\$7,500.00
41	Biólogo	\$9,000.00
42	Ama de casa	\$3,200.00

# de entrevistado	Profesión y ocupación	Monto anual sugerido
43	Biólogo	\$4,000.00
44	Biólogo	\$5,200.00
45	Ingeniero forestal	\$18,500.00
46	Consultor ambiental	\$24,500.00
47	Abogado	\$3,500.00
48	Docente	\$3,000.00
49	Administrador de empresas	\$7,500.00
50	Consultor ambiental	\$8,500.00
51	Biólogo	\$14,000.00
52	Biólogo	\$4,800.00
53	Biólogo	\$12,000.00
54	Ingeniero forestal	\$15,000.00
55	Docente	\$7,000.00
56	Docente	\$8,500.00
57	Consultor ambiental	\$25,500.00
58	Consultor ambiental	\$14,500.00
59	Ama de casa	\$2,850.00
60	Administrador de empresas	\$10,900.00
61	Abogado	\$7,000.00
62	Ingeniero forestal	\$14,500.00
63	Biólogo	\$3,000.00
64	Biólogo	\$5,500.00
65	Ama de casa	\$2,500.00
MONTO TOTAL SUGERIDO		\$566,050.00
MEDIA DEL MONTO TOTAL SUGERIDO (435,050.00 / 65)		\$8,708.46

En conclusión, se estima que el **valor de legado** por la preservación de una hectárea de Selva mediana subperennifolia, asciende a la cantidad de \$8,708.46 (son ocho mil, setecientos ocho pesos 46/100 M. N.), que extrapolado a las 40.34 hectáreas de CUSTF propuestas, se obtiene un valor total de legado igual a \$351,299.28 (son trescientos cincuenta y un mil, doscientos noventa y nueve pesos 28/100 M.N.).

V. VALOR DE EXISTENCIA (VE)

Aunque a la mayoría de las especies de flora y fauna no se les ha asignado un valor económico directo o indirecto, muchas personas desean que continúen existiendo, independientemente de su uso. A esta valoración o respeto por la vida de otros seres vivos se le denomina valor de existencia. Este valor adquiere una expresión económica a través de las donaciones realizadas por personas o instituciones para contribuir a la protección de ecosistemas o especies particulares⁶.

Para poder estimar éste valor, se utilizó la encuesta descrita en el punto número IV del presente capítulo, pero a diferencia de la misma, las preguntas estuvieron dirigidas a el caso (no mercado) hipotético de la

⁶ <http://www.cicy.mx/Documentos/CICY/Sitios/Biodiversidad/pdfs/Cap9/01%20Valor%20economico%20de%20la%20biodiversidad.pdf>

cantidad de dinero que estaría dispuesto a **donar** una persona, para preservar una superficie de una hectárea de Selva mediana subperennifolia, para la protección del ecosistema y todos los recursos naturales bióticos y abióticos que lo integran, cuyos resultados se presentan a continuación.

# de entrevistado	Profesión y ocupación	Monto anual sugerido
1	Ama de casa	\$2,500.00
2	Biólogo	\$3,500.00
3	Biólogo	\$4,000.00
4	Biólogo	\$6,450.00
5	Biólogo	\$8,000.00
6	Ingeniero forestal	\$8,600.00
7	Abogado	\$2,750.00
8	Ingeniero forestal	\$3,750.00
9	Abogado	\$3,250.00
10	Arquitecto	\$3,000.00
11	Ama de casa	\$2,200.00
12	Ingeniero forestal	\$8,250.00
13	Arquitecto	\$2,600.00
14	Arquitecto	\$2,500.00
15	Biólogo	\$6,000.00
16	Biólogo	\$5,250.00
17	Biólogo	\$6,100.00
18	Ingeniero forestal	\$9,250.00
19	Administrador de empresas	\$4,500.00
20	Administrador de empresas	\$4,250.00
21	Ingeniero ambiental	\$4,500.00
22	Abogado	\$3,000.00
23	Consultor ambiental	\$6,250.00
24	Ama de casa	\$2,600.00
25	Ingeniero forestal	\$5,400.00
26	Consultor ambiental	\$6,250.00
27	Consultor ambiental	\$8,000.00
28	Consultor ambiental	\$3,000.00
29	Biólogo	\$3,200.00
30	Biólogo	\$5,500.00
31	Biólogo	\$2,800.00
32	Ingeniero forestal	\$3,200.00
33	Ecólogo	\$7,000.00
34	Administrador de empresas	\$3,200.00
35	Docente	\$3,000.00
36	Ecólogo	\$10,500.00
37	Docente	\$5,000.00
38	Ingeniero ambiental	\$12,500.00
39	Biólogo	\$10,200.00
40	Biólogo	\$2,500.00
41	Biólogo	\$5,000.00
42	Ama de casa	\$2,800.00
43	Biólogo	\$4,000.00

# de entrevistado	Profesión y ocupación	Monto anual sugerido
44	Biólogo	\$5,200.00
45	Ingeniero forestal	\$11,000.00
46	Consultor ambiental	\$14,000.00
47	Abogado	\$3,500.00
48	Docente	\$3,000.00
49	Administrador de empresas	\$5,000.00
50	Consultor ambiental	\$4,500.00
51	Biólogo	\$6,000.00
52	Biólogo	\$3,000.00
53	Biólogo	\$5,000.00
54	Ingeniero forestal	\$7,000.00
55	Docente	\$3,500.00
56	Docente	\$5,500.00
57	Consultor ambiental	\$12,000.00
58	Consultor ambiental	\$7,300.00
59	Ama de casa	\$4,050.00
60	Administrador de empresas	\$6,000.00
61	Abogado	\$4,500.00
62	Ingeniero forestal	\$5,000.00
63	Biólogo	\$3,000.00
64	Biólogo	\$3,500.00
65	Ama de casa	\$2,250.00
MONTO TOTAL SUGERIDO		\$339,900.00
MEDIA DEL MONTO TOTAL SUGERIDO (208,900.00 / 65)		\$5,229.23

En conclusión, se estima que el **valor por existencia** de una hectárea de Selva mediana subperennifolia, asciende a la cantidad de \$5,229.23 (son cinco mil, doscientos veintinueve pesos 23/100 M. N.), que extrapolado a las 40.34 hectáreas de CUSTF propuestas, se obtiene un valor total por existencia igual a \$210,947.14 (son doscientos diez mil, novecientos cuarenta y siete pesos 14/100 M.N.).

VI. CÁLCULO DEL VALOR ECONÓMICO TOTAL

Valor Económico Total (VET):

$$\begin{aligned} \text{VET} &= \text{VUD} + \text{VUI} + \text{VO} + \text{VL} + \text{VE} \\ \text{VET} &= \$6'184,944.07 + \$5'186,917.20 + \$154,905.60 + \$351,299.28 + \$210,947.14 \\ \text{VET} &= \mathbf{\$12'089,013.29} \end{aligned}$$

En conclusión, se estima que el valor económico total de los recursos biológicos de la superficie de cambio de uso de suelo, considerando los valores de uso (directo e indirecto) y no uso (opción, legado y existencia), asciende a la cantidad de **\$12'089,013.29** (son doce millones, ochenta y nueve mil, trece pesos 29/100 M. N.) por un plazo de 50 años equivalente al tiempo de vida útil del proyecto.

ESTIMACIÓN DEL COSTO DE LAS ACTIVIDADES DE RESTAURACIÓN
CON MOTIVO DEL CAMBIO DE USO DEL SUELO
CAPÍTULO XI

PROYECTO:

“SUPERFICIES LIMITADORAS DE
OBSTÁCULOS DEL AEROPUERTO
INTERNACIONAL DE CANCÚN”



PROMUEVE: AEROPUERTO DE CANCÚN, S. A. DE C. V.



SEPTIEMBRE DEL 2014

Para la estimación del costo de las actividades de restauración con motivo del cambio de uso del suelo, se consideró lo establecido en el **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**, publicado en el Diario Oficial de la Federación (D.O.F) el 25 de febrero de 2011; así como lo señalado en el **ACUERDO mediante el cual se actualizan los costos de referencia para reforestación o restauración y su mantenimiento para compensación ambiental por cambio de uso de suelo en terrenos forestales y se reforman y modifican los artículos 2 y 4 del Acuerdo mediante el cual se emiten 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**, publicado el 25 de febrero de 2011, publicado en el D.O.F. el 30 de abril del 2012. En adelante el Acuerdo.

Así mismo, los datos y cifras proporcionadas en ambos acuerdos, fueron actualizados y ajustados a los costos reales que aplican en la Isla de Cozumel, Estado de Quintana Roo, a fin de tener una estimación lo más cercana posible a la realidad, tal como se describe a continuación.

“SECCION II. De los ecosistemas forestales

II.1.- Agrupación de los tipos de vegetación de la República Mexicana por ecosistemas...”

Cuadro 1.- Agrupación de los tipos de vegetación en cuatro ecosistemas usados para el cálculo de los costos de reforestación o restauración y su mantenimiento para compensación ambiental por cambio de uso del suelo en terrenos forestales...

Ecosistema	Vegetación dominante según la Serie II del INEGI	Grupo Climático Dominante, según Köeppen modificado por E. García.
Tropical	Selva alta perennifolia Selva alta subperennifolia Selva mediana perennifolia Selva mediana subperennifolia Selva baja perennifolia Palmar Selva mediana subcaducifolia Selva mediana caducifolia Selva baja caducifolia Selva baja espinosa Sabana	Am, Af, Aw; (Climas cálidos húmedos y subhúmedos, cuya temperatura del mes más frío es mayor a 18°C)

De acuerdo con la información vertida en el cuadro anterior, tenemos que el ecosistema de Selva mediana subperennifolia que se desarrolla en el predio del proyecto es de tipo tropical, ya que se ubica en una zona con clima Aw.

Una vez determinados los ecosistemas, y de conformidad con sus características ecológicas, se establecieron las actividades mínimas que se requieren para cada uno, con el fin de garantizar el nivel mínimo de restauración que permita iniciar la sucesión ecológica. Dado que cada ecosistema representa situaciones de suelos y climas distintos, para cada uno de ellos se determinó un procedimiento específico.

I. ESCENARIOS PARA LA RESTAURACIÓN

1. ESCENARIO 1

Ser parte del supuesto de que el predio fue limpiado de forma mecánica eliminando la vegetación, no se puede esperar un proceso de restauración pasiva; por lo tanto, para lograr promover la restauración de las condiciones de la vegetación y de los servicios ambientales que de ella emanan, bajo esta premisa se consideran diversas actividades tendientes a promover dicho proceso.

1.1. Corto plazo (1 a 2 años)

Partiendo de la condición de afectación antes descrita, se señala como primer paso, la dispersión de 8,760 kilogramos de semillas (estimaciones directas realizadas en campo, de acuerdo con experiencias previas), de especies pioneras, tempranas y tardías, propias de la Selva Mediana Subperennifolia que se desarrolla en la superficie de cambio de uso de suelo, como son: *Gliricidia sepium* (cacoche), *Lysiloma latisiliquum* (tzalam), *Neea psychotrioides* (tadzi), *Piscidia piscipula* (jabín), *Pouteria campechiana* (Kanisté), *Randia longiloba* (cruqueta), *Simaruba glauca* (pa'a sak) y *Thrinax radiata* (palma chit).

Una vez incorporadas las semillas sobre el terreno, solamente será necesaria la aportación de agua para que se inicie el proceso de germinación de muchas especies colonizadoras; este grupo inicial de cobertura del suelo presente en el proceso natural de sucesión ecológica se compone por especies herbáceas de ciclos de vida cortos, de poca altura; la adición de los 8,760 kg de semillas de las especies arbóreas, fortalecerá el proceso de colonización y asegurará el inicio del desarrollo de la sucesión de las especies perennes de interés en la cobertura permanente.

Con la germinación, crecimiento y desarrollo de nuevas plantas, se reinician los servicios ambientales suspendidos como captura de carbono, generación de oxígeno, provisión de agua en calidad y cantidad y estabilización del proceso de evaporación.

El desarrollo de especies herbáceas anuales, asegura la floración y producción de semillas; esta oferta de alimento comenzará con la atracción de fauna silvestre como chupadores de néctar (aves e insectos Lepidópteros, Himenópteros, etc.), insectívoros como reptiles, aves y pequeños mamíferos como ratones. En el primer año serán pocas las especies que se establezcan tal es el caso de himenópteros como avispas, hormigas o termitas.

La poca cobertura del dosel únicamente se presenta como atractivo para fuente de alimento, el establecimiento de aves y mamíferos está más condicionado a la estabilidad en protección, temperatura y grado de luminosidad que brinda la vegetación de una selva bien desarrollada. En esta etapa, el área empieza a prestar nuevamente los servicios ambientales detenidos parcialmente como es el caso de captura de Carbono, recarga de mantos acuíferos, paisaje y protección de la biodiversidad.

2. ESCENARIO 2

2.1. Mediano plazo (3 a 10 años)

A partir de los 3 años las especies anuales o bianuales son sustituidas por especies perennes; esta fase es conocida como “fase de surgimiento o de estructuración”, misma que está compuesta por una combinación de las especies existentes dentro de la regeneración natural del ecosistema.

Las actividades a realizar a partir de esta fase, son de protección contra incendios forestales, además de realizar evaluaciones en sitios permanentes para determinar la sustitución natural de especies y asegurándose de que las especies tardías se establezcan, como es el caso de chicozapote (*Manilkara zapota*), guayabillo (*Psidium sartorianum*), ramón (*Brosimum alicastrum*), uchuché (*Diospyros cuneata*), huaya (*Talassia olivaeformis*), yaite (*Gimnanthes lucida*), entre otras.

En esta fase, se fortalece la formación de suelo, y los servicios que prestan las selvas se establecen en cuanto a la captura de carbono, vida silvestre, captación de agua y protección de erosión de los suelos. Se comienza a ver una estructura más definida de la vegetación y es conocida como Vegetación Secundaria, con individuos muy bifurcados, tallos de forma irregular, una gran presencia de especies arbustivas y herbáceas, con alturas máximas de 3 metros.

En cuanto a fauna se refiere, en esta fase ya se pueden observar procesos de colonización de ratones, aves, insectos y pequeños reptiles; la estructura aún continúa en un proceso activo de selección natural con la pérdida de herbáceas y la incorporación de especies tardías. La reforestación con estas especies se realizará en el periodo de lluvias y la recomendación en el desarrollo de la plántula, es que debe tener entre 10 a 20 cm, ya que la siembra es más práctica y el estrés a nivel radicular es menor.

A partir del inicio de esta fase la afectación por concepto de sequias, deja de ser un posible factor de riesgo para el proceso de restauración de la vegetación.

3. ESCENARIO 3

3.1. A largo plazo (10 años en adelante)

Fase de madurez u óptima, donde las especies sobresalientes codominan o dominan los estratos superiores (donde participan especies heliófitas, esciófitas y hemisciófitas).

En esta fase ya no se realizan actividades de fomento encaminadas al establecimiento de nuevas especies; la vegetación ya ha alcanzado niveles de autosuficiencia, los árboles ya cuentan con alturas superiores a los 8 metros, con fustes bien definidos; a partir de los 10 años se pueden encontrar árboles con diámetros normales de 15 cm, para especies de rápido crecimiento como es el caso del Tzalam (*L. latisiliquum*), 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, creándose nuevos hábitats.

A partir de los 20 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 mediana 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.

II. PROCESO DE RESTAURACIÓN DE LA VEGETACIÓN

1. PUNTO DE PARTIDA CON AFECTACIÓN DEL SITIO

Para comenzar a llevar a cabo el proceso de restauración del sitio, se partiría de la superficie del predio ya desmontada y despalmada.

» Fase 1 (1 a 2 años)

- a) Siembra al voleo de especies pioneras
- b) Colonización de herbáceas y pioneras

» Fase 2 (3 a 10 años)

- c) Vegetación Secundaria

» Fase 3 (10 años en adelante)

- d) Selva mediana subperennifolia en estado juvenil

III. ESTIMACIÓN DEL COSTO DE LAS ACTIVIDADES DE RESTAURACIÓN CON MOTIVO DEL CAMBIO DE USO DEL SUELO

Lograr que se desarrolle nuevamente una Selva mediana subperennifolia en una superficie de 40.34 ha, donde hubo remoción total de la cubierta vegetal, es posible siempre y cuando se generen condiciones favorables de fomento y protección.

A continuación se desarrolla una estimación propia del costo en precios actuales de las actividades necesarias para promover y asegurar el desarrollo de una Selva mediana subperennifolia en una superficie de 40.34 ha, tomando como referencia los costos de restauración citados en el acuerdo ya referido.

Cabe aclarar en este punto, que el proyecto no implica la remoción de la capa edáfica existente dentro de las zonas de aprovechamiento, pues no es necesario el despalme del sitio. En ese sentido, queda claro que el suelo no sería un recurso que deba ser restaurado.

1. ESTABLECIMIENTO DE LA VEGETACIÓN DE REGENERACIÓN

Producción de las plantas. El inventario forestal implementado, ha permitido cuantificar las existencias de elementos de flora que se desarrollan en el predio; con esta información fue posible realizar la estimación del número de individuos en condición de plántula que serán afectados durante el proceso de

desmante por el cambio de uso de suelo. La valoración de las plántulas se realizará en función al valor de producción de cada planta para ecosistemas tropicales, referido en **el Acuerdo** que es de \$1.96 (un peso con noventa y seis centavos). Por lo tanto, para la superficie solicitada para el CUSTF se estima la existencia de 214,701 plántulas en condición de regeneración, y en ese sentido, el costo de producción de igual número de plantas sería de \$420,813.96 (son cuatrocientos veinte mil, ochocientos trece pesos 96/100 M.N.).

Transporte de las plantas. Para poder transportar las plantas del vivero, se rentaría un camión de carga de 3 toneladas cuyo costo de renta por hora es de \$462.94 según **el Acuerdo**; por lo tanto, considerando que un camión de 3 toneladas realiza un viaje por hora desde su zona de origen hasta el predio; y por cada viaje transporta alrededor de 10,000 plantas; resulta pues la necesidad de 22 horas de renta para realizar 22 viajes que pueda transportar las 214,701 plántulas que se requieren para el establecimiento de la regeneración natural; entonces, el transporte de las plantas hasta el predio tendría un costo total de \$10,184.68 (son diez mil ciento ochenta y cuatro pesos 68/100 M.N.).

Sembrado de las plantas. Una vez que se tienen las plantas en el predio se procede a la siembra de las mismas; para esta actividad se contratarían jornaleros (el promedio aproximado de siembra de un jornalero es de 120 plantas por jornal según experiencias previas en campo); cuyo costo por jornal (8 horas de trabajo) es de \$172.38 según **el Acuerdo**; entonces, si consideramos que se requiere el sembrado de 214,701 plántulas para el establecimiento de la vegetación de regeneración, el número de jornales requeridos sería igual a 1789, y por lo tanto se tiene como resultado que las actividades de sembrado tendría un costo total de: \$308,387.82 (son trescientos ocho mil trescientos ochenta y siete pesos 82/100 M.N.).

Obtención de semillas. Como apoyo a las especies pioneras de regeneración natural se pretende también dispersar en la superficie de cambio de uso de suelo, un total de 8,760 kg de semillas como se mencionó anteriormente, las cuales tienen un costo de \$300.00 pesos por kilogramo; por lo que al hacer la multiplicación por el número de kilogramos requeridos, nos da un total de \$2'628,000.00 (son dos millones, seiscientos veintiocho mil pesos 00/100 M.N.).

Dispersión de semillas al voleo. La dispersión de semillas por voleo en la superficie de cambio de uso de suelo, requiere de la contratación de jornaleros, cuyo costo por jornal (8 horas de trabajo) es de \$172.38 según **el Acuerdo**; con rendimiento estimado es de 10 kilogramos por jornal (según experiencias previas en campo); por lo tanto, se requiere de 876 jornales para la dispersión de los 8,760 kg de semillas, lo que nos da un costo total de \$151,004.88 (son ciento cincuenta y un mil cuatro pesos 88/100 M.N.) por éste concepto.

Costo total. En resumen, para sembrar el mismo número de plantas que se estima remover en la superficie de cambio de uso de suelo (vegetación de regeneración) se estima un costo total de: **\$3'518,391.34** (son tres millones, quinientos dieciocho mil, trescientos noventa y un pesos 34/100 M.N.).

2. PROTECCIÓN

Es importante evitar afectaciones que impliquen la suspensión del proceso de restauración; una de estas variables controlables es la afectación por incendios forestales, por lo que se requiere definir los puntos críticos de los límites del predio y establecer brechas cortafuego permanentes; esta actividad no se

contabiliza como costo inicial, ya que se parte del supuesto de que el predio se encuentra completamente desprovisto de vegetación y el mantenimiento durante los siguientes 15 años se podrá realizar cada 6 meses, lo cual implica un costo anual estimado de \$3,000.00 pesos anuales por cuestiones de protección (según experiencias previas en campo) y que en 15 años asciende a la cantidad de \$45,000.00 (son cuarenta y cinco mil pesos 00/100 M.N.).

3. MANTENIMIENTO

El costo de mantenimiento para ecosistemas tropicales, según el **Acuerdo**, se resume en el siguiente cuadro.

Tipo de actividad	Actividad específica	Unidad de medida	Costo Unitario (\$)	Cantidad mínima (\$)	Costo (\$)
Mantenimiento	Producción de planta para reposición de plantas muertas.	Planta	1.96	250	490.00
	Transporte de planta para reposición de plantas muertas.	Planta	0.11	250	27.50
	Replante de plantas que murieron en la plantación inicial (40% de la plantación inicial)	Planta	2.06	250	515.00
	Deshierbe en terrazas individuales (2)	Deshierbe /Hectárea	\$1,955.00 por ha, por cada deshierbe	2	3,910.00

Los costos estimados en el cuadro anterior están referidos por hectárea, por lo tanto, en la siguiente tabla se presentan los costos de mantenimiento para la superficie de cambio de uso de suelo que es equivalente a 40.34 ha, ajustados a los costos calculados en el apartado III.

Actividad específica	Unidad de medida	Costo unitario (\$)	Cantidad requerida	Costo (\$)
Producción de planta para reposición de plantas muertas	Planta	1.96	85,880*	168,324.80
Transporte de planta para reposición de plantas muertas	Viaje	462.94	9	4,166.46
Replante de plantas que murieron en la plantación inicial (40% de la plantación inicial)	Planta	2.06	85,880*	176,912.80
Deshierbe	Deshierbe/superficie de CUSTF	78,864.70(+)	4**	315,458.80
			Costo total	664,862.86

Cifra estimada del ESTABLECIMIENTO DE LA VEGETACIÓN DE REGENERACIÓN

Cifra tomada Acuerdo

* Representa el 40% de las 214,701 plantas que se requieren para la vegetación de regeneración

** Se considera un deshierbe cada 6 meses durante 2 años; (+) Costo por 40.34 hectárea de deshierbe (\$1,955.00 por ha).

En conclusión, el costo total por concepto de mantenimiento de la superficie restaurada con motivo del cambio de uso de suelo, asciende a la cantidad de \$664,862.86 (son seiscientos sesenta y cuatro mil ochocientos sesenta y dos pesos 86/100 M.N.).

4. ASESORÍA TÉCNICA

Según el acuerdo, el costo por asesoría en la restauración de un ecosistema tropical, asciende a la cantidad de \$613.76 (cantidad considerada en este estudio por hectárea); lo que se traduce en un costo total de \$24,759.08 (son veinticuatro mil setecientos cincuenta y nueve pesos 08/100 M. N.) por concepto de asesoría en una superficie equivalente a 40.34 hectáreas de CUSTF.

IV. COSTO TOTAL DE LAS ACTIVIDADES DE RESTAURACIÓN

En resumen el costo total de las actividades tendientes a promover la recuperación, conservación y protección de una superficie de 40.34 ha en un plazo de hasta 15 años, de acuerdo con los cálculos citados en los numerales anteriores, asciende a la cantidad de **\$4'253,013.28** (son cuatro millones doscientos cincuenta y tres mil, trece pesos 28/100 M.N.).

SERVICIOS AMBIENTALES QUE PODERIAN PONERSE EN RIESGO POR
EL CAMBIO DE USO DEL SUELO PROPUESTO

CAPÍTULO XII

PROYECTO:

“SUPERFICIES LIMITADORAS DE
OBSTÁCULOS DEL AEROPUERTO
INTERNACIONAL DE CANCÚN”



PROMUEVE: AEROPUERTO DE CANCÚN, S. A. DE C. V.



SEPTIEMBRE DEL 2014

En el ámbito de la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable (Artículo 7 fracción XXXVII), servicios ambientales se define como: “los que brindan los ecosistemas forestales de manera natural o por medio del manejo sustentable de los recursos forestales, tales como: la provisión del agua en calidad y cantidad; la captura de carbono, de contaminantes y componentes naturales, la generación de oxígeno; el amortiguamiento de impacto de los fenómenos naturales; la modulación o regulación climática; la protección de la biodiversidad, de los ecosistemas y formas de vida; la protección y recuperación de suelos; el paisaje y la recreación entre otros”. En ese mismo ámbito, a continuación se presenta la valoración de los servicios ambientales que presta el ecosistema que se desarrolla en el predio del proyecto, con la finalidad de demostrar que no se ponen en riesgo con el cambio de uso de suelo propuesto.

I. CAPTURA DE CARBONO

El ciclo de carbono en la vegetación comienza con la fijación del CO₂ por medio de los procesos de fotosíntesis, realizada por las plantas y ciertos microorganismos. En este proceso, catalizado por la energía solar, el CO₂ y el agua reaccionan para formar carbohidratos y liberar oxígeno a la atmósfera. Parte de los carbohidratos se consumen directamente para suministrar energía a la planta, y el CO₂ liberado como producto de este proceso lo hace a través de las hojas, ramas, fuste o raíces. Otra parte de los carbohidratos son consumidos por los animales, que también respiran y liberan CO₂. Las plantas y los animales mueren y son finalmente descompuestos por macro y micro-organismos, lo que da como resultado que el carbono de sus tejidos se oxide en CO₂ y regrese a la atmósfera (Schimel 1995 y Smith et al.1993). La fijación de carbono por bacterias y animales contribuye también a disminuir la cantidad de bióxido de carbono, aunque cuantitativamente es menos importante que la fijación de carbono en las plantas.

Para estimar la cantidad de Carbono almacenado en la vegetación que se desarrolla en la superficie de cambio de uso de suelo, se utilizó la expresión matemática propuesta por Ricardo O, Russo (2009)¹, según la cual a partir del volumen se determina el contenido de carbono, quedando de la siguiente manera:

$$\text{Cantidad de C} = \text{Vol.} \times 0,5 \times 0,5$$

Para el cálculo, primero se determinó el área basal de cada uno de los árboles con DAP mayor o igual a 10 cm que fueron registrados durante el inventario forestal, considerando que el área basal (AB) es la sumatoria de las áreas transversales (área del tronco a 1,30 m de altura) de todos los árboles con un diámetro mayor o igual a 10 cm existentes en una hectárea (y se expresa en m²/ha).

Luego se determina su altura media. El producto del AB multiplicado por la altura y por un coeficiente de forma (relación entre el volumen real y el volumen aparente de un árbol) es el volumen maderable o volumen de los fustes. En la siguiente tabla se presentan los resultados de la estimación del área basal y del volumen de las especies que serán afectadas con el cambio de uso de suelo, por hectárea.

¹ <http://es.scribd.com/doc/29369907/Guia-Practica-de-Medicion-de-Carbono-en-la-Biomasa-Forestal>

ESTIMACIONES Especies	POR HECTÁREA (10,000 m ²)		
	# de Ind	AB (m ²)	Vol.T.A (m ³)
<i>Brosimum alicastrum</i>	1	0.043	0.92
<i>Bursera simaruba</i>	30	1.042	14.05
<i>Caesalpinia gaumeri</i>	1	0.022	0.40
<i>Cecropia peltata</i>	1	0.010	0.15
<i>Chrysophyllum mexicanum</i>	1	0.006	0.28
<i>Coccoloba barbadensis</i>	1	0.026	0.22
<i>Coccoloba spicata</i>	2	0.051	0.80
<i>Cordia dodecandra</i>	1	0.069	1.07
<i>Croton campechianus</i>	1	0.050	0.91
<i>Croton gaumeri</i>	1	0.061	0.69
<i>Dendropanax arboreus</i>	2	0.048	0.93
<i>Diospyros cuneata</i>	1	0.014	0.61
<i>Dipholis salicifolia</i>	2	0.065	1.23
<i>Drypetes lateriflora</i>	1	0.007	0.28
<i>Esenbeckia pentaphylla</i>	1	0.007	0.32
<i>Ficus obtusifolia</i>	6	0.212	3.48
<i>Ficus tecolutensis</i>	2	0.088	1.30
<i>Guettarda elliptica</i>	1	0.004	0.14
<i>Gutterda combsii</i>	1	0.015	0.49
<i>Gymnanthes lucida</i>	1	0.019	0.31
<i>Hampea trilobata</i>	1	0.014	0.18
<i>Krugiodendron ferreum</i>	1	0.034	0.75
<i>Leucaena leucocephala</i>	2	0.048	1.26
<i>Lonchocarpus rugosus</i>	18	0.547	9.63
<i>Lysiloma bahamensis</i>	2	0.031	1.28
<i>Lysiloma latisiliquum</i>	14	0.334	6.49
<i>Manilkara zapota</i>	5	0.135	2.32
<i>Mastichodendron foetidissimum</i>	1	0.036	0.47
<i>Metopium brownei</i>	8	0.266	4.36
<i>Nectandra coriacea</i>	1	0.014	0.22
<i>Ottoschulzia pallida</i>	2	0.068	0.71
<i>Physalis mayana</i>	1	0.012	0.17
<i>Piscidia piscipula</i>	17	0.732	11.21
<i>Plumeria obtusa</i>	1	0.004	0.13
<i>Pouteria campechiana</i>	1	0.022	0.32
<i>Pouteria unilocularis</i>	1	0.047	0.77
<i>Protium copal</i>	1	0.006	0.26
<i>Sabal yapa</i>	1	0.017	0.33
<i>Swartzia cubensis</i>	16	0.488	7.98
<i>Talisia olivaeformis</i>	1	0.033	0.45
<i>Thevetia gaumeri</i>	15	0.433	6.71
<i>Thouinia paucidentata</i>	1	0.005	0.21
<i>Thrinax radiata</i>	4	0.197	2.19
<i>Vitex gaumeri</i>	44	1.370	23.12
<i>Zuelania guidonia</i>	1	0.012	0.17
TOTALES	217	6.76	110.25

Luego, a partir del volumen se determina el contenido de carbono, que es el producto del volumen multiplicado por el contenido de materia seca (%MS, para este estudio se consideró 50%) y por el contenido de Carbono (C) en la MS (%C= 50% aceptado por el Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático, IPCC por sus siglas en inglés),

A esta cantidad de C se le aplica el Factor de Extensión de la Biomasa (FEB) igual a 1,6 considerando un 60% adicional contenido en ramas y follaje (en la literatura este factor se menciona con rango entre el 60% y el 90%); al final el resultado obtenido se multiplica por la superficie de cambio de uso de suelo.

El Factor de Expansión de la Biomasa (FEB) es un coeficiente que permite añadir a la biomasa de los fustes, obtenida a partir del volumen inventariado en campo, la biomasa correspondiente a las ramas, hojas y raíces. Es decir, los FEB expanden el peso seco del volumen calculado de existencias para incluir los componentes no maderables del árbol o el bosque. Antes de aplicar dichos FEB, el volumen maderable (m³) debe convertirse a peso en seco (ton), multiplicando por un factor de conversión conocido como densidad básica de la madera (D) en (t/m³). Los BEF no tienen dimensión, dado que convierten entre unidades de peso.

En sentido de lo anterior tenemos lo siguiente:

$$C = \text{Vol.} \times 0,5 \times 0,5$$

$$C = (110.25 \text{ m}^3/\text{ha}) (0.5 \text{ ton}/\text{m}^3) (0.5 \text{ ton}/\text{m}^3)$$

$$C = 27.56 \text{ ton}/\text{ha}$$

$$C = (27.56 \text{ ton}/\text{ha}) (\text{FEB} = 1.6 \text{ ton}/\text{ha})$$

$$C = 44.1 \text{ ton}/\text{ha}$$

$$C = (44.1 \text{ ton}/\text{ha}) (\text{Superficie de CUSTF} = 40.34 \text{ ha})$$

$$C = 1,778.99 \text{ ton}/\text{ha}$$

Por otra parte, si consideramos que el Sistema Ambiental posee una superficie de 19,783.86 hectáreas con cobertura vegetal (19,748 hectáreas en la UGA 21 y 35.86 hectáreas en la UGA 23, de acuerdo con las fichas técnicas contenidas en el POEL BJ vigente), entonces podemos inferir que en dicha superficie la captura de carbono es de 872,468.23 ton/ha al año, de acuerdo con la aplicación de la fórmula antes descrita, como se indica a continuación

$$C = \text{Vol.} \times 0,5 \times 0,5$$

$$C = (110.25 \text{ m}^3/\text{ha}) (0.5 \text{ ton}/\text{m}^3) (0.5 \text{ ton}/\text{m}^3)$$

$$C = 19.67 \text{ ton}/\text{ha}$$

$$C = (19.67 \text{ ton}/\text{ha}) (\text{FEB} = 1.6 \text{ ton}/\text{ha})$$

$$C = 44.1 \text{ ton}/\text{ha}$$

$$C = (44.1 \text{ ton}/\text{ha}) (\text{Superficie del sistema ambiental con cobertura vegetal} = 19,783.86 \text{ ha})$$

$$C = 872,468.23 \text{ ton}/\text{ha}$$

Entonces si comparamos la captura de carbono que provee la superficie de cambio de uso de suelo, con la cantidad de captura que tiene el sistema ambiental, obtenemos que la pérdida anual de captura de carbono al eliminar la vegetación por la implementación del proyecto, sólo representa el 0.20%, de la captura total estimada para el sistema ambiental; por lo tanto, se puede asumir categóricamente que el cambio de uso de suelo propuesto, no pone en riesgo el servicio ambiental a nivel del sistema ambiental.

II. PROVISIÓN DE AGUA EN CANTIDAD

Para poder determinar que no se pone en riesgo el servicio ambiental hidrológico relacionado con la provisión de agua en cantidad, a continuación se presenta un análisis comparativo entre la cantidad de agua que es captada en la superficie de cambio de uso de suelo, y aquella que puede ser captada en el predio testigo del sistema ambiental.

1. CANTIDAD DE AGUA CAPTADA EN LA SUPERFICIE DE CAMBIO DE USO DE SUELO

La captura de agua o desempeño hidráulico, es el servicio ambiental que producen las áreas arboladas al impedir el rápido escurrimiento del agua de lluvia precipitada, proporcionando la infiltración de agua que alimenta los mantos acuíferos y la prolongación del ciclo del agua. El agua infiltrada o percolada, corresponde a la cantidad de agua que en realidad está capturando el bosque y que representa la oferta de agua producida por este (Torres y Guevara, 2002).

El potencial de infiltración de agua de un área arbolada, depende de un gran número de factores como: la cantidad y distribución de la precipitación, el tipo de suelo, las características del mantillo, el tipo de vegetación y geomorfología del área, entre otros. Esto indica que la estimación de captura de agua debe realizarse por áreas específicas y con información muy fina sobre la mayor parte de las variables arriba señaladas (Torres y Guevara, 2002).

La estimación de volúmenes de infiltración de agua en áreas forestales que a continuación se presenta, se desarrolló siguiendo el modelo de escurrimiento general a través de la estimación de coeficientes de escurrimiento (IMTA, 1999). El modelo asume que el coeficiente de escurrimiento (C_e) se puede estimar como sigue:

$$C_e = K (P-500) / 200 \text{ cuando } K \text{ es igual o menor a } 0.15; \text{ y}$$
$$C_e = K (P-250) / 2000 + (K-0.15) / 1.5 \text{ cuando } K \text{ es mayor que } 0.15$$

K es un factor que depende de la cobertura arbolada y del tipo de suelo, lo cual puede apreciarse en el cuadro 9 que se presenta en la página siguiente.

COBERTURA DEL BOSQUE	TIPO DE SUELO		
	A	B	C
Más del 75%	0.07	0.16	0.24
Entre 50-75%	0.12	0.22	0.26
Entre 25-50%	0.17	0.26	0.28
Menos del 25%	0.22	0.28	0.30

Suelo A: Suelos permeables (arenas profundas y loes poco compactos).
Suelo B: Suelos medianamente permeables (arenas de mediana profundidad, loes y migajón).
Suelo C: Suelos casi impermeables (arenas o loes delgados sobre capa impermeable, arcillas).

FUENTE: Instituto Mexicano de Tecnología del Agua 1999.

Para la estimación de volúmenes de infiltración de agua en la superficie de cambio de uso de suelo sin el proyecto, se tomó como base la información del inventario forestal y el valor promedio de precipitación anual para la zona donde se ubica. También se consideró el supuesto del modelo que refiere que bosques con volúmenes superiores a 190 m³/ha son bosques con más del 75% de cobertura; los que se encuentran entre 100-190 m³/ha son bosques con 50-75% de cobertura; los que varían entre 35-100 m³/ha son bosques con 25-50% de cobertura y finalmente los que presentan volúmenes menores a 35 m³/ha son bosques con menos del 25% de cobertura. Así mismo, el modelo da por sentado que los suelos de bosque templado son suelos tipo A y los suelos tropicales con suelos tipo C (Torres y Guevara, 2002).

Considerando lo señalado anteriormente, tenemos que el valor de **P** (precipitación media anual) para la zona donde se ubica el predio es de 1,300 mm y el valor de **K** es de 0.24, considerando que la superficie de CUSTF se ubica en una zona tropical y por ende, los suelos tropicales son de tipo C; y dado que el volumen de la masa forestal del área sujeta al cambio de uso de suelo es de 4,448.16 m³ (cobertura con más del 75%).

COBERTURA DEL BOSQUE	TIPO DE SUELO		
	A	B	C
Más del 75%	0.07	0.16	0.24
Entre 50-75%	0.12	0.22	0.26
Entre 25-50%	0.17	0.26	0.28
Menos del 25%	0.22	0.28	0.30

Sustituyendo los valores en la fórmula, obtenemos lo siguiente:

$$C_e = K (P-250) / 2000 + (K-0.15) / 1.5 \text{ (ya que el valor de K es superior a 0.15)}$$

$$C_e = (0.24) (1,300 - 250) / 2000 + (0.24 - 0.15) / 1.5$$

$$C_e = (0.24) (1,050 / 2000) + (0.09 / 1.5)$$

$$C_e = (0.24) (0.525 + 0.06)$$

$$C_e = (0.24) (0.585)$$

$$C_e = 0.14$$

Entonces tenemos que el coeficiente de escurrimiento (**C_e**) en la superficie de cambio de uso de suelo, con cobertura vegetal mayor al 75%, es decir, sin el proyecto, es de 0.14.

Para calcular el escurrimiento medio anual, es necesario conocer el valor de la precipitación media, el área de drenaje y su coeficiente de escurrimiento. La fórmula a utilizar es la siguiente:

$$V_e = P * A_t * C_e$$

Donde:

V_e = Volumen medio anual de escurrimiento (m³)

A = Área total sujeta a cambio de uso de suelo (m²)

C = Coeficiente de escurrimiento anual

P = Precipitación media anual (m³)

De acuerdo con los sistemas de conversión, 1 mm equivale a 1 litro de agua por cada metro cuadrado, es decir, si se vierte 1 litro de agua en un metro cuadrado, la altura que alcanza es de 1 mm. Entonces tenemos que 1000 mm de precipitación media anual, equivalen a 1,000 litros de agua por metro cuadrado. Así mismo, tenemos que 1000 litros de agua equivalen a 1 m³, por lo tanto, tenemos que 1,300 litros equivalen a 1.3 m³ de agua.

Sustituyendo los valores a partir de la ecuación antes citada, resultó lo siguiente:

$$\begin{aligned} \mathbf{V_e} &= \mathbf{P * A_t * C_e} \\ \mathbf{V_e} &= 1.3 \text{ m}^3 * 403,444.80 \text{ m}^2 * 0.14 \\ \mathbf{V_e} &= 73,426.95 \text{ m}^3/\text{m}^2 \end{aligned}$$

Por otra parte, el volumen de infiltración puede estimarse con la siguiente ecuación (Aparicio, 2006):

$$\mathbf{I = P - V_e}$$

Donde:

I: Volumen estimado de infiltración en el área de interés (m³)

P: Precipitación media anual en el área de interés (m³) * superficie de cambio de uso de suelo (m²)

E: Volumen estimado de escurrimiento en el área de interés (m³/m²)

Sustituyendo los valores en la ecuación, obtenemos lo siguiente:

$$\begin{aligned} \mathbf{I} &= \mathbf{P - V_e} \\ \mathbf{I} &= (1.3 \text{ m}^3) (403,444.80 \text{ m}^2) - 73,426.95 \text{ m}^3/\text{m}^2 \\ \mathbf{I} &= 524,478.24 \text{ m}^3/\text{m}^2 - 73,426.95 \text{ m}^3/\text{m}^2 \\ \mathbf{I} &= 451,051.29 \text{ m}^3/\text{m}^2 \end{aligned}$$

Considerando los cálculos realizados en los apartados anteriores, podemos concluir que actualmente en la superficie de cambio de uso de suelo se capta un volumen de 451,051.29 m³/m² anuales, y se pierden 73,426.95 m³/m² anuales por escurrimiento.

2. CANTIDAD DE AGUA CAPTADA EN EL SISTEMA AMBIENTAL

Para calcular la cantidad de agua que puede ser captada en el sistema ambiental, se consideraron los datos presentados en las fichas técnicas de las UGAS 21 y 23 del POEL de Benito Juárez (modificación 2014), definidas como el sistema ambiental del proyecto, las cuales indican que dichas UGAS poseen una superficie total de 34,975.23 hectáreas; y una cobertura vegetal actual de 19,783.86 hectáreas; por lo tanto se trata de un sistema con más del 75% de cobertura. En ese sentido el valor de **K** también es de 0.24, considerando que el predio se ubica en una zona tropical y por ende, los suelos tropicales son de tipo C (Torres y Guevara, 2002).

COBERTURA DEL BOSQUE	TIPO DE SUELO		
	A	B	C
Más del 75%	0.07	0.16	0.24
Entre 50-75%	0.12	0.22	0.26
Entre 25-50%	0.17	0.26	0.28
Menos del 25%	0.22	0.28	0.30

Sustituyendo los valores en la fórmula, obtenemos lo siguiente:

$$C_e = K (P-250) / 2000 + (K-0.15) / 1.5 \text{ (ya que el valor de K es superior a 0.15)}$$

$$C_e = (0.24) (1,300 - 250) / 2000 + (0.24-0.15) / 1.5$$

$$C_e = (0.24) (1,050 / 2000) + (0.09 / 1.5)$$

$$C_e = (0.24) (0.525 + 0.06)$$

$$C_e = (0.24) (0.585)$$

$$C_e = 0.14$$

Entonces tenemos que el coeficiente de escurrimiento (C_e) en el sistema ambiental también es de 0.14.

Una vez calculado el coeficiente de escurrimiento, se procede a estimar el volumen de escurrimiento y el volumen de infiltración, anuales, conforme a lo siguiente

Volumen de escurrimiento anual: $V_e = P * A_t$ (superficie del SA con cobertura vegetal) * C_e

$$V_e = P * A_t * C_e$$

$$V_e = 1.3 \text{ m}^3 * 197'838,600 \text{ m}^2 * 0.14$$

$$V_e = 36'006,625.2 \text{ m}^3/\text{m}^2$$

Volumen de infiltración anual: $I = P - V_e$

$$I = P - V_e$$

$$I = (1.3 \text{ m}^3) (197'838,600 \text{ m}^2) - 36'006,625.2 \text{ m}^3/\text{m}^2$$

$$I = 257'190,180 \text{ m}^3/\text{m}^2 - 36'006,625.2 \text{ m}^3/\text{m}^2$$

$$I = 221'183,554.8 \text{ m}^3/\text{m}^2$$

Considerando los cálculos realizados en los apartados anteriores, podemos concluir que actualmente en la superficie del predio testigo dentro del sistema ambiental, se capta un volumen de 221'183,554.8 m³/m² anuales, y se pierden 36'006,625.2 m³/m² anuales por escurrimiento.

3. CONCLUSIONES

Considerando el volumen de captación de agua que ocurre en la superficie de CUSTF (451,051.29 m³/m² anuales), en comparación con el volumen de captación de agua estimado para el sistema ambiental (221'183,554.8 m³/m²), podemos concluir que el servicio ambiental relacionado con la captación de agua no se pone en riesgo con el cambio de uso de suelo propuesto, toda vez que la captación no se perdería ni se reduciría en lo absoluto; ya que la superficie de aprovechamiento permanecerá permeable al 100%.

III. PROVISIÓN DE AGUA EN CALIDAD

Para no comprometer la calidad del acuífero subterráneo, y por lo tanto, evitar que se ponga en riesgo el servicio ambiental del ecosistema relacionado con la provisión de agua en calidad, el proyecto tiene contemplado llevar a cabo una serie de acciones que permitirán prevenir y en su caso, evitar la contaminación del acuífero, las cuales se describen a continuación:

- **Medida 1.** En ninguna etapa del proyecto se promoverá el uso de pozos domésticos para la extracción de agua subterránea, lo cual evitará que se descompense la recarga del acuífero por la extracción de agua “dulce”.
- **Medida 2.** Se contará con un equipo de respuesta rápida ante un derrame accidental de hidrocarburos por uso de maquinaria; con la finalidad de prevenir la contaminación del acuífero derivado de sustancias potencialmente contaminantes.
- **Medida 3.** Se instalarán sanitarios portátiles tipo “Sanirent” durante el cambio de uso del suelo, a razón de 1 por cada 20 trabajadores, con lo cual se evitará la micción y defecación al aire libre, y en consecuencia se estará evitando la contaminación del acuífero por el vertimiento de aguas residuales directamente al suelo sin previo tratamiento. Cabe mencionar que las aguas residuales que se generen en los sanitarios, serán retirados del predio por la empresa prestadora del servicio, con lo que se garantiza que existirá un correcto manejo, retiro y disposición final de dichos residuos.
- **Medida 4.** Se instalarán contenedores herméticamente cerrados para el almacenamiento temporal de residuos sólidos urbanos, con la finalidad de llevar un estricto control sobre dichos residuos en la obra, evitando de esta manera que se generen lixiviados que pudieran derramarse al suelo y por ende, penetrar el subsuelo y contaminar el acuífero.

Con las medidas antes descritas, se prevé que el proyecto no será una fuente generadora de agentes potencialmente contaminantes del acuífero y no ocasionará la intrusión de la cuña salina; por lo que se puede concluir que el cambio de uso de suelo propuesto, no pone en riesgo la prestación del servicio ambiental de captación de agua en calidad.

4. GENERACIÓN DE OXÍGENO

La fotosíntesis en las plantas, a partir del dióxido de carbono y el agua, y usando energía, produce sustancia orgánica y oxígeno.

dióxido de carbono + agua + energía = sustancia orgánica y oxígeno

Inversamente, la respiración en las plantas usa la sustancia orgánica y el oxígeno para producir dióxido de carbono, agua y energía.

sustancia orgánica + oxígeno = dióxido de carbono + agua + energía

Durante el día, la fotosíntesis es más intensa que la respiración. Por eso, las plantas producen más oxígeno que el que consumen y toman del aire más dióxido de carbono que el que producen. El oxígeno

producido es utilizado por los animales para respirar. Estos devuelven dióxido de carbono, que es reciclado nuevamente por las plantas. Durante la noche, como no hay luz solar, no hay fotosíntesis y las plantas sólo respiran (FAO).

Se estima que un kilómetro cuadrado de bosque genera mil toneladas de oxígeno al año, sin embargo, no se sabe con exactitud cuánto oxígeno genera una planta durante la fotosíntesis, ni cuanto oxígeno necesita durante la respiración, ya que ello depende de los procesos fisiológicos de cada especie, así como la disponibilidad de los elementos necesarios para dichos procesos. En ese sentido, sólo podemos hablar de una reducción en el servicio ambiental a nivel de superficie, por lo tanto, considerando que en el sistema ambiental, aún se conservarían 19,783.86 hectáreas con cobertura vegetal que seguirán prestando dicho servicio, se puede concluir categóricamente que el servicio ambiental por generación de oxígeno, no se pondrá en riesgo con el cambio de uso de suelo propuesto a nivel del sistema ambiental.

IV. AMORTIGUAMIENTO DE IMPACTO DE LOS FENÓMENOS NATURALES

Como se mencionó en el capítulo 4 del presente estudio, los fenómenos naturales más recurrentes en la zona donde se ubica el predio del proyecto, son los huracanes, tormentas tropicales y Nortes, los cuales acarrear fuertes cantidades de lluvia y se acompañan de vientos intensos; tal es el caso del huracán Wilma que tuvo incidencia en el año 2005 con una fuerza de sus vientos sostenidos que registraron velocidades por encima de los 240 km/h y rachas de hasta 280 km/h y una velocidad de desplazamiento de entre 3 y 5 km/h, con registros de estacionalidad.

La primera impresión que se tiene sobre los efectos de un fenómeno meteorológico de la magnitud de Wilma es de devastación. Al sufrir su embate la vegetación experimenta derribo de árboles arrancados de raíz o por fractura del tronco a distintos niveles, caída de ramas y defoliación total, como lo observaron Sánchez y Herrera (1990) y Sánchez e Islebe (1999) con el paso del huracán Gilberto en 1988 y por lo dicho en este trabajo.

Sin embargo, pasado un tiempo, todo lo que aún queda en pie y aún lo derribado inicia un proceso de recuperación. En este proceso y atendiendo a la fenología de las especies, la recuperación foliar es de lo primero en iniciarse ya que de ello depende la sobrevivencia y funcionalidad de la especie en su interacción con el ambiente².

Es un hecho que la eliminación de la vegetación en una Selva mediana subperennifolia, reduce la capacidad de la vegetación para actuar como una barrera ante la incidencia de un fenómeno natural como los huracanes y tormentas tropicales, por lo que éste servicio ambiental se verá afectado con el cambio de uso de suelo propuesto; sin embargo, es importante aclarar que no se pone en riesgo dicho servicio, toda vez que aun se conservarían 19,783.86 hectáreas con cobertura vegetal dentro del sistema ambiental, que podrá seguir actuando como barrera de amortiguamiento.

² Odilón Sánchez Sánchez, Lilia del C. Mendizábal Hernández, Sophie Calmé Recuperación foliar en un acahual después del paso del huracán Wilma por la reserva ecológica el Eden, Quintana Roo Foresta Veracruzana, Vol. 8, Núm. 1, 2006, PP. 37-42, Recursos Genéticos Forestales México.

V. MODULACIÓN O REGULACIÓN CLIMÁTICA

La pérdida de bosques y selvas en México es una de las fuentes más importantes de emisiones de CO₂, principal gas de efecto invernadero (GEI) que genera el cambio climático. Es decir, deforestación es igual a cambio climático.

México se encuentra entre los 20 países que más contribuyen al cambio climático y uno de los motivos es la pérdida de los ecosistemas forestales. La deforestación implica pérdida de riqueza biológica, desabasto de agua y acelera el cambio climático, ya que al remover la cobertura vegetal se libera el bióxido de carbono (CO₂) almacenado. Se estima que el 20 por ciento de las emisiones de GEI a nivel mundial provienen de la pérdida de los ecosistemas forestales, los cuales desaparecen a un ritmo de 13 millones de hectáreas cada año. De esas 13 millones, por lo menos 500 mil corresponden a México.

Los bosques almacenan, sólo en su cobertura vegetal, 300 mil millones de toneladas de bióxido de carbono, lo que equivale a casi 40 veces las emisiones anuales de este gas producidas por la quema de combustibles fósiles, como el carbón y el petróleo. Cuando un bosque es destruido, el carbono almacenado se libera a la atmósfera mediante la descomposición o la combustión de los residuos vegetales³.

La presencia de las plantas en cualquier región del mundo es clave para el ciclo hidrológico en aspectos como almacenamiento de agua, liberación durante la evapotranspiración y condensación del punto de rocío, así como en el balance de radiación y energético y en la dinámica de los vientos. Todos estos elementos en interacción contribuyen al clima de una región. Sin embargo, este complicado y frágil esquema que se da en la naturaleza ha sido afectado por el hombre al modificar el uso de suelo por el desarrollo de grandes ciudades (Irma Rosas P., *et al*)⁴.

Algunos climatólogos urbanos apunta que el origen del problema del cambio climático, está asociado con la desintegración del complejo suelo-planta-atmósfera, lo que determina el movimiento del agua en sus dos fases: líquida y gaseosa. El agua al llegar al suelo se moverá tanto vertical como horizontalmente, de acuerdo con las características fisicoquímicas del mismo; verticalmente alcanzará la zona enraizada con lo cual proveerá a las plantas no sólo con agua sino también con nutrientes, y continuará su curso hasta encontrar el nivel freático, con lo que se compensará al manto acuífero de la extracción que realiza el hombre. Tal balance es muy importante para este tan demandado recurso no renovable (Irma Rosas P., *et al*).

Una vez que el agua y los nutrimentos entren al vegetal, los vasos de conducción se encargarán de llevarlos a las estructuras aéreas, en contra de un gradiente de presión regulado por el cierre y la apertura de estomas. El vegetal conservará parte del agua y nutrimentos, y el resto saldrá en forma de vapor proporcionando agua a la atmósfera a través del proceso de evapotranspiración. El agua que sale permitirá la regulación de la temperatura tanto del vegetal como de la atmósfera. Un suelo con cobertura vegetal tendrá un patrón de absorción de radiación y reflexión de ondas cortas y largas diferente que un suelo erosionado y sin agua, lo que le conferirá un color y una respuesta espectral distinta. Esta modificación se manifiesta en un calor sensible mucho mayor que el latente (Irma Rosas P., *et al*).

³<http://www.greenpeace.org/mexico/es/Campanas/Bosques/Que-relacion-tienen-los-bosques-y-el-cambio-climatico/>

⁴ <http://www2.inecc.gob.mx/publicaciones/libros/508/percepcion.pdf>

Tomando en consideración lo anterior, estamos ante la posibilidad de poder afirmar que el cambio de uso de suelo propuesto no pone en riesgo la modulación o regulación climática como un servicio ambiental prestado, ya que aún se conservarían 19,783.86 hectáreas con cobertura vegetal dentro del sistema ambiental.

VI. PROTECCIÓN DE LA BIODIVERSIDAD

Este apartado se analiza en el capítulo 13 del presente estudio, en donde se demuestra que el proyecto no compromete la biodiversidad.

VII. PROTECCIÓN Y RECUPERACIÓN DE SUELO

Este apartado se analiza en el capítulo 13 del presente estudio, en donde se demuestra que el proyecto no provocará la erosión de los suelos; así mismo, en el capítulo VII se presentan las medidas preventivas y de mitigación que propone el proyecto para la protección del suelo.

JUSTIFICACIÓN TÉCNICA, ECONÓMICA Y SOCIAL QUE MOTIVE LA
AUTORIZACIÓN EXCEPCIONAL DEL CAMBIO DE USO DEL SUELO

CAPÍTULO XIII

PROYECTO:

“SUPERFICIES LIMITADORAS DE
OBSTÁCULOS DEL AEROPUERTO
INTERNACIONAL DE CANCÚN”



PROMUEVE: AEROPUERTO DE CANCÚN, S. A. DE C. V.



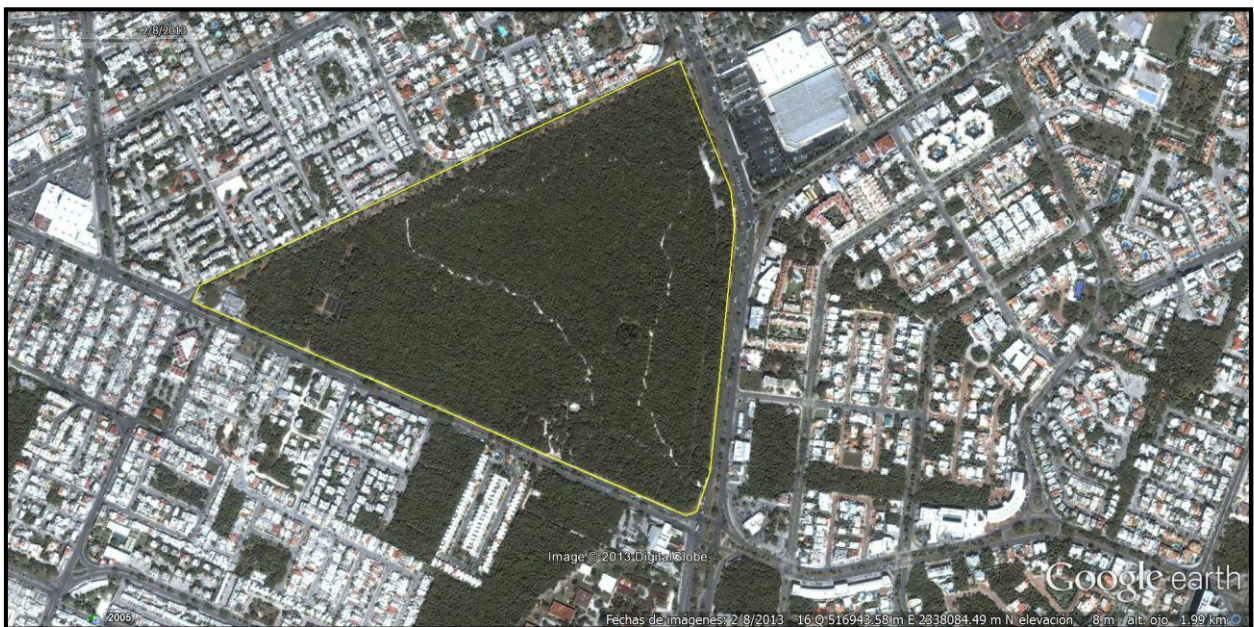
SEPTIEMBRE DEL 2014

I. NO SE COMPROMETE LA BIODIVERSIDAD

1. METODOLOGÍA PARA DETERMINAR EL ÍNDICE DE DIVERSIDAD DE LA FLORA EN UN PREDIO TESTIGO DENTRO DEL SISTEMA AMBIENTAL

1.1. Delimitación del área de estudio

Par poder estimar los índices de diversidad de la flora en un ecosistema similar al que será afectado con el cambio de uso de suelo, se seleccionó como área de estudio la UGA 23 "Parque Kabah" ubicado en la ciudad de Cancún, con una superficie de 38.06 ha, de acuerdo con la ficha técnica contenida en el POEL de Benito Juárez, vigente; ya que dicha superficie está destinada a su preservación dentro del sistema ambiental y posee el mismo ecosistema que será afectado con el cambio de uso de suelo propuesto, a saber, Selva mediana subperennifolia. En la imagen siguiente (polígono en color amarillo) se puede observar la delimitación del área de estudio propuesta.

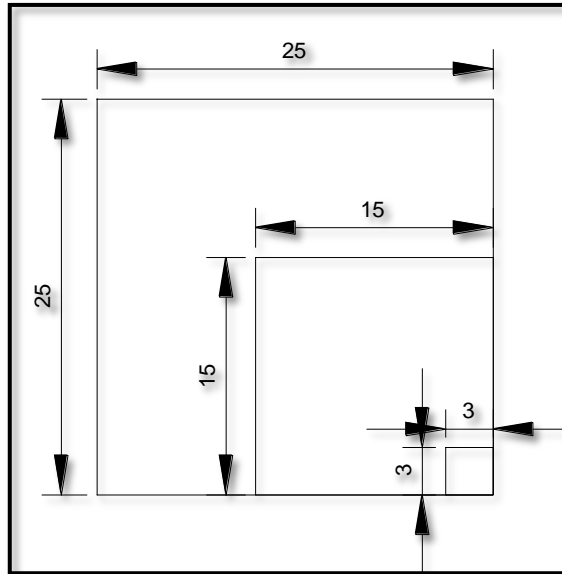


1.2. Metodología del inventario

Dentro del polígono antes referido, se llevó a cabo un inventario forestal a través de un muestreo aleatorio simple en 15 sitios de muestreo. Cada sitio de muestreo consistió en una serie de tres cuadrantes anidados, cuyas características se describen a continuación:

- ▶ **Primer cuadrante:** dimensiones de 25 m x 25 m (625 m² de superficie), para la medición de individuos arbóreos con diámetro normal a la altura del pecho (1.30 m del suelo) igual o mayor a 10 cm.
- ▶ **Segundo cuadrante:** dimensiones de 15 m x 15 m (225 m² de superficie), para la medición de individuos arbustivos con diámetro normal a la altura del pecho (1.30 m del suelo) menor a 10 cm.
- ▶ **Tercer cuadrante:** dimensiones de 3 m x 3 m (9 m² de superficie), para la toma de datos a nivel del estrato herbáceo (regeneración natural del ecosistema).

En la imagen siguiente se muestra la forma, tamaño y distribución de los cuadrantes utilizados en cada sitio de muestreo.



A continuación se presentan los vértices de los sitios de muestreo dentro del polígono de estudio, y en la página siguiente se presenta el plano de ubicación de los mismos.

Nombre: S 1 Zona: 16 Q Coordenada Este: 516343.00 m E Coordenada Norte: 2337862.00 m N	Nombre: S 2 Zona: 16 Q Coordenada Este: 517154.00 m E Coordenada Norte: 2337837.00 m N	Nombre: S 3 Zona: 16 Q Coordenada Este: 516865.00 m E Coordenada Norte: 2338023.00 m N
Nombre: S 4 Zona: 16 Q Coordenada Este: 516663.00 m E Coordenada Norte: 2338008.00 m N	Nombre: S 5 Zona: 16 Q Coordenada Este: 516863.00 m E Coordenada Norte: 2337821.00 m N	Nombre: S 6 Zona: 16 Q Coordenada Este: 516464.00 m E Coordenada Norte: 2337822.00 m N
Nombre: S 7 Zona: 16 Q Coordenada Este: 517059.00 m E Coordenada Norte: 2337981.00 m N	Nombre: S 8 Zona: 16 Q Coordenada Este: 516970.00 m E Coordenada Norte: 2338249.00 m N	Nombre: S 9 Zona: 16 Q Coordenada Este: 516527.00 m E Coordenada Norte: 2338066.00 m N
Nombre: S 10 Zona: 16 Q Coordenada Este: 516673.00 m E Coordenada Norte: 2338196.00 m N	Nombre: S 11 Zona: 16 Q Coordenada Este: 516760.00 m E Coordenada Norte: 2338294.00 m N	Nombre: S 12 Zona: 16 Q Coordenada Este: 516872.00 m E Coordenada Norte: 2338338.00 m N
Nombre: S 13 Zona: 16 Q Coordenada Este: 516753.00 m E Coordenada Norte: 2338063.00 m N	Nombre: S 14 Zona: 16 Q Coordenada Este: 517013.00 m E Coordenada Norte: 2338100.00 m N	Nombre: S 15 Zona: 16 Q Coordenada Este: 517008.00 m E Coordenada Norte: 2337900.00 m N



1.3. Resultados del inventario (composición de la vegetación)

A continuación se presenta la composición florística de las especies que fueron registradas en los sitios de muestreo, por cada estrato de la vegetación.

ESTRATO ARBÓREO			
REGISTRO	FAMILIA	ESPECIE	NOMBRE COMÚN
1	ANACARDIACEAE	<i>Metopium brownei</i>	Chechem
2	APOCYNACEAE	<i>Thevetia gaumeri</i>	Akits
3	ARALIACEAE	<i>Dendropanax arboreus</i>	Sac chacah
4	ARECACEAE	<i>Sabal yapa</i>	Huano
5	ARECACEAE	<i>Thrinax radiata</i>	Chit
6	BOMBACACEAE	<i>Ceiba aesculifolia</i>	Pochote
7	BOMBACACEAE	<i>Ceiba aesculifolia</i>	Ceiba
8	BORAGINACEAE	<i>Cordia dodecandra</i>	Siricote
9	BURCERACEAE	<i>Protium copal</i>	Copal
10	BURSERACEAE	<i>Bursera simaruba</i>	Chacah
11	CANELLACEAE	<i>Canela winterana</i>	Canela de cullo
12	CANNABACEAE	<i>Trema micrantha</i>	Sak pixoy
13	CECROPIACEAE	<i>Cecropia peltata</i>	Guarumbo
14	EBENACEAE	<i>Diospyros cuneata</i>	Sillil
15	EUPHORBIACEAE	<i>Jatropha gaumeri</i>	Pomolché
16	EUPHORBIACEAE	<i>Guettarda elliptica</i>	Ekulub
17	EUPHORBIACEAE	<i>Gymnanthes licida</i>	Yayté
18	FABACEAE	<i>Gliricidia sepium</i>	Cacaoché
19	FABACEAE	<i>Lonchocarpus rugosus</i>	Canasín
20	FABACEAE	<i>Piscidia piscipula</i>	Jabín
21	FABACEAE	<i>Swartzia cubensis</i>	Catalox
22	FABACEAE	<i>Diphysa carthagenensis</i>	Ts'u'ts'uk
23	FABACEAE	<i>Gymnopodium floribundum</i>	Ts'i'ts'ilché
24	FABACEAE	<i>Lysiloma latisiliquum</i>	Tzalam
25	FABACEAE	<i>Bauhinia divaricata</i>	Pata de vaca
26	FABACEAE	<i>Bauhinia jennindsii</i>	Pata de caballo
27	FABACEAE	<i>Leucaena leucocephala</i>	Huaxin
28	FABACEAE	<i>Caesalpinia gaumeri</i>	Kitamché
29	FABACEAE	<i>Acacia glomerosa</i>	Sac pich
30	FABACEAE	<i>Sweetia panamensis</i>	Huesillo
31	FLACOURTIACEAE	<i>Zuelania guidonia</i>	Palo volador
32	LAURACEAE	<i>Nectandra coriacea</i>	Laurelillo
33	MALPIGHIACEAE	<i>Malpighia glabra</i>	Guayacté
34	MALVACEAE	<i>Hampea trilobata</i>	Mahahua
35	MORACEAE	<i>Ficus cotinifolia</i>	Amatillo
36	MORACEAE	<i>Ficus obtusifolia</i>	Higo
37	MORACEAE	<i>Ficus tecolutensis</i>	Mata palo
38	MORACEAE	<i>Brosimum alicastrum</i>	Ramón
39	MYRTACEAE	<i>Psidium sartorianum</i>	Guayabillo
40	MYRTACEAE	<i>Eugenia trikkii</i>	Escobeta
41	NYCTAGINACEAE	<i>Neea psychotrioides</i>	Xta'tsi
42	POLYGONACEAE	<i>Coccoloba spicata</i>	Boob
43	POLYGONACEAE	<i>Coccoloba diversifolia</i>	Sac boob
44	RUBIACEAE	<i>Randia longiloba</i>	Cruceta
45	RUBIACEAE	<i>Guettarda combsii</i>	Tasta'ab
46	RUTACEAE	<i>Eesenbeckia pentaphylla</i>	Naranjillo
47	RUTACEAE	<i>Casimiroa tetrameria</i>	Yuy

ESTRATO ARBÓREO			
REGISTRO	FAMILIA	ESPECIE	NOMBRE COMÚN
48	SAPINDACEAE	<i>Matayba oppositifolia</i>	Guayancox
49	SAPINDACEAE	<i>Talisia olivaeformis</i>	Huaya de monte
50	SAPOTACEAE	<i>Chrysophyllum mexicanum</i>	Caimito
51	SAPOTACEAE	<i>Manilkara zapota</i>	Chicozapote
52	SAPOTACEAE	<i>Pouteria campechiana</i>	Canisté
53	SAPOTACEAE	<i>Sideroxylon foetidissimum</i>	Caracolillo
54	SAPOTACEAE	<i>Dipholis salicifolia</i>	Zapote faisán
55	SAPOTACEAE	<i>Pouteria unilocularis</i>	Zapotillo
56	SIMAROUBACEAE	<i>Simarouba glauca</i>	Pa'sak'
57	ULMACEAE	<i>Trema micrantha</i>	Capulín
58	VERBENACEAE	<i>Vitex gaumeri</i>	Ya'ax nik

ESTRATO ARBUSTIVO			
REGISTRO	FAMILIA	ESPECIE	NOMBRE COMÚN
1	ANACARDIACEAE	<i>Metopium brownei</i>	Chechem
2	APOCYNACEAE	<i>Thevetia gaumeri</i>	Akits
4	ARECACEAE	<i>Sabal yapa</i>	Huano
5	ARECACEAE	<i>Thrinax radiata</i>	Chit
6	BORAGINACEAE	<i>Cordia dodecandra</i>	Siricote
7	BURSERACEAE	<i>Bursera simaruba</i>	Chacah
8	CANNABACEAE	<i>Trema micrantha</i>	Sak pixoy
9	CECROPIACEAE	<i>Cecropia peltata</i>	Guarumbo
10	EBENACEAE	<i>Diospyros cuneata</i>	Silil
11	EUPHORBIACEAE	<i>Jatropha gaumeri</i>	Pomolché
12	EUPHORBIACEAE	<i>Guettarda elliptica</i>	Ekulub
13	EUPHORBIACEAE	<i>Gymnanthes licida</i>	Yayté
14	FABACEAE	<i>Gliricidia sepium</i>	Cacaoché
15	FABACEAE	<i>Lonchocarpus rugosus</i>	Canasín
16	FABACEAE	<i>Piscidia piscipula</i>	Jabín
17	FABACEAE	<i>Gymnopodium floribundum</i>	Ts'i'ts'ilché
18	FABACEAE	<i>Lysiloma latisiliquum</i>	Tzalam
19	FABACEAE	<i>Bauhinia divaricata</i>	Pata de vaca
20	FABACEAE	<i>Bauhinia jennindsii</i>	Pata de caballo
21	FABACEAE	<i>Caesalpinia gaumeri</i>	Kitamché
22	LAURACEAE	<i>Nectandra coriacea</i>	Laurelillo
23	MALPIGHIACEAE	<i>Malpighia glabra</i>	Guayacté
24	MALVACEAE	<i>Malvaviscus arboreus</i>	Tulipancillo
25	MALVACEAE	<i>Hampea trilobata</i>	Mahahua
26	MORACEAE	<i>Ficus cotinifolia</i>	Amatillo
27	MORACEAE	<i>Ficus obtusifolia</i>	Higo
28	MORACEAE	<i>Ficus tecolutensis</i>	Mata palo
29	MORACEAE	<i>Brosimum alicastrum</i>	Ramón
30	MYRTACEAE	<i>Psidium sartorianum</i>	Guayabillo
31	NYCTAGINACEAE	<i>Neea psychotrioides</i>	Xta'tsi
32	POLYGONACEAE	<i>Coccoloba spicata</i>	Boob
33	POLYGONACEAE	<i>Coccoloba diversifolia</i>	Sac boob
34	RUBIACEAE	<i>Guettarda combsii</i>	Tasta'ab
35	RUTACEAE	<i>Eesenbeckia pentaphylla</i>	Naranjillo
36	RUTACEAE	<i>Casimiroa tetrameria</i>	Yuy
37	SAPINDACEAE	<i>Talisia olivaeformis</i>	Huaya de monte
38	SAPOTACEAE	<i>Chrysophyllum mexicanum</i>	Caimito
39	SAPOTACEAE	<i>Manilkara zapota</i>	Chicozapote

ESTRATO ARBUSTIVO			
REGISTRO	FAMILIA	ESPECIE	NOMBRE COMÚN
40	SAPOTACEAE	<i>Pouteria campechiana</i>	Canisté
41	SAPOTACEAE	<i>Sideroxylon foetidissimum</i>	Caracolillo
42	SAPOTACEAE	<i>Dipholis salicifolia</i>	Zapote faisán
43	SAPOTACEAE	<i>Pouteria unilocularis</i>	Zapotillo
44	SIMAROUBACEAE	<i>Simarouba glauca</i>	Pa'sak'
45	ULMACEAE	<i>Trema micrantha</i>	Capulín
46	VERBENACEAE	<i>Vitex gaumeri</i>	Ya'ax nik

ESTRATO HERBÁCO			
REGISTRO	FAMILIA	ESPECIE	NOMBRE COMÚN
1	ANACARDIACEAE	<i>Metopium brownei</i>	Chechem
2	APOCYNACEAE	<i>Thevetia gaumeri</i>	Akits
4	ARACEAE	<i>Anthurium schlechtendalii</i>	Bobtún
5	ARECACEAE	<i>Sabal yapa</i>	Huano
6	ARECACEAE	<i>Thrinax radiata</i>	Chit
7	BIGNONIACEAE	<i>Cydista potosina</i>	Bejuco tres lomos
8	BORAGINACEAE	<i>Cordia dodecandra</i>	Siricote
9	BROMELIACEAE	<i>Bromelia karatas</i>	Piñuela
10	BURSERACEAE	<i>Bursera simaruba</i>	Chacah
11	EBENACEAE	<i>Diospyros cuneata</i>	Silil
12	EUPHORBIACEAE	<i>Jatropha gaumeri</i>	Pomolché
13	EUPHORBIACEAE	<i>Guettarda elliptica</i>	Ekulub
14	EUPHORBIACEAE	<i>Gymnanthes lícida</i>	Yayté
15	EUPHORBIACEAE	<i>Cnidocolus chayamansa</i>	Chaya de monte
16	FABACEAE	<i>Lonchocarpus rugosus</i>	Canasín
17	FABACEAE	<i>Piscidia piscipula</i>	Jabín
18	FABACEAE	<i>Gymnopodium floribundum</i>	Ts'i'ts'ilché
19	FABACEAE	<i>Lysiloma latisiliquum</i>	Tzalam
20	FABACEAE	<i>Bauhinia divaricata</i>	Pata de vaca
21	FABACEAE	<i>Bauhinia jennindsii</i>	Pata de caballo
22	FABACEAE	<i>Caesalpinia gaumeri</i>	Kitamché
23	LAURACEAE	<i>Nectandra coriacea</i>	Laurelillo
24	MALVACEAE	<i>Malvaviscus arboreus</i>	Tulipancillo
25	MALVACEAE	<i>Hampea trilobata</i>	Mahahua
26	MORACEAE	<i>Ficus cotinifolia</i>	Amatillo
27	MORACEAE	<i>Ficus obtusifolia</i>	Higo
28	MORACEAE	<i>Brosimum alicastrum</i>	Ramón
29	NYCTAGINACEAE	<i>Neea psychotrioides</i>	Xta'tsi
30	POLYGONACEAE	<i>Coccoloba spicata</i>	Boob
31	POLYGONACEAE	<i>Coccoloba diversifolia</i>	Sac boob
32	RUBIACEAE	<i>Psychotria nervosa</i>	Café de monte
33	RUBIACEAE	<i>Guettarda combsii</i>	Tasta'ab
34	RUTACEAE	<i>Casimiroa tetrameria</i>	Yuy
35	SAPINDACEAE	<i>Paullinia cururu</i>	Xchem ak
36	SAPINDACEAE	<i>Talisia olivaeformis</i>	Huaya de monte
37	SAPOTACEAE	<i>Chrysophyllum mexicanum</i>	Caimito
38	SAPOTACEAE	<i>Manilkara zapota</i>	Chicozapote
39	SAPOTACEAE	<i>Pouteria campechiana</i>	Canisté
40	SMILACACEAE	<i>Smilax mollis</i>	Uña de gato
41	ULMACEAE	<i>Trema micrantha</i>	Capulín
42	VERBENACEAE	<i>Vitex gaumeri</i>	Ya'ax nik
43	VITACEAE	<i>Cissus alata</i>	Bejuco alado

ESTRATO HERBÁCO			
REGISTRO	FAMILIA	ESPECIE	NOMBRE COMÚN
44	VITACEAE	<i>Cissus gossypifolia</i>	Chak tuuk anil
45	VITACEAE	<i>Cissus microcarpa</i>	Xta' kanil

ESPECIES EN LA NOM-059-SEMARNAT-2010				
REGISTRO	FAMILIA	ESPECIE	NOMBRE COMÚN	ESTATUS
1	Areaceae	<i>Trinax radiata</i>	Chit	Amenazada

1.4. Cálculo del índice de diversidad

Para estimar la biodiversidad de la flora presente en el predio testigo del sistema ambiental, a partir del polígono de estudio seleccionado y conforme a los datos de abundancia relativa obtenidos por cada especie y por cada estrato de la vegetación, se utilizó el índice de diversidad de Shannon – Wiener (1949), cuya ecuación se cita como:

$$H = - \sum_{i=1}^S p_i \ln p_i$$

Donde:

S = número total de especies.

$\sum_{i=1}^S$ = número total de individuos.

Pi = abundancia relativa de la especie i.

ln Pi = logaritmo natural (base 2 según la fórmula original) de la abundancia relativa de la especie i.

El valor máximo suele estar cerca de 5, pero hay ecosistemas excepcionalmente ricos que pueden superarlo. A mayor valor del índice indica una mayor biodiversidad del ecosistema.

A continuación se presentan el cálculo del índice de diversidad de las especies de flora presentes en el ecosistema estudiado, con base en el índice de Shannon – Wiener (1949).

ESTRATO ARBÓREO					
ESPECIES	IND / 9,375 m ²	IND/Ha	ABUNDANCIA RELATIVA (AR)	LOG Pi	LOG Pi * AR
<i>Acacia glomerosa</i>	25	27	0.0264	-5.243	-0.138
<i>Bauhinia divaricata</i>	2	2	0.0021	-8.887	-0.019
<i>Bauhinia jennindsii</i>	1	1	0.0011	-9.887	-0.010
<i>Brosimum alicastrum</i>	2	2	0.0021	-8.887	-0.019
<i>Bursera simaruba</i>	79	84	0.0834	-3.583	-0.299
<i>Caesalpinia gaumeri</i>	1	1	0.0011	-9.887	-0.010
<i>Canela winterana</i>	2	2	0.0021	-8.887	-0.019
<i>Casimiroa tetrameria</i>	5	5	0.0053	-7.565	-0.040
<i>Cecropia peltata</i>	1	1	0.0011	-9.887	-0.010
<i>Ceiba petandra</i>	1	1	0.0011	-9.887	-0.010
<i>Ceiba aesculifolia</i>	5	5	0.0053	-7.565	-0.040
<i>Chrysophyllum mexicanum</i>	11	12	0.0116	-6.428	-0.075
<i>Coccoloba diversifolia</i>	4	4	0.0042	-7.887	-0.033
<i>Coccoloba spicata</i>	1	1	0.0011	-9.887	-0.010
<i>Cordia dodecandra</i>	6	6	0.0063	-7.302	-0.046

ESTRATO ARBÓREO					
ESPECIES	IND / 9,375 m ²	IND/Ha	ABUNDANCIA RELATIVA (AR)	LOG Pi	LOG Pi * AR
<i>Dendropanax arboreus</i>	1	1	0.0011	-9.887	-0.010
<i>Diospyros cuneata</i>	1	1	0.0011	-9.887	-0.010
<i>Dipholis salicifolia</i>	4	4	0.0042	-7.887	-0.033
<i>Diphysa carthagenensis</i>	5	5	0.0053	-7.565	-0.040
<i>Eesenbeckia pentaphylla</i>	1	1	0.0011	-9.887	-0.010
<i>Eugenia trikii</i>	1	1	0.0011	-9.887	-0.010
<i>Ficus cotinifolia</i>	27	29	0.0285	-5.132	-0.146
<i>Ficus obtusifolia</i>	64	68	0.0676	-3.887	-0.263
<i>Ficus tecolutensis</i>	46	49	0.0486	-4.363	-0.212
<i>Gliricidia sepium</i>	6	6	0.0063	-7.302	-0.046
<i>Guettarda combsii</i>	5	5	0.0053	-7.565	-0.040
<i>Guettarda elliptica</i>	7	7	0.0074	-7.080	-0.052
<i>Gymnanthes licida</i>	1	1	0.0011	-9.887	-0.010
<i>Gymnopodium floribundum</i>	1	1	0.0011	-9.887	-0.010
<i>Hampea trilobata</i>	1	1	0.0011	-9.887	-0.010
<i>Jatropha gaumeri</i>	2	2	0.0021	-8.887	-0.019
<i>Leucaena leucocephala</i>	2	2	0.0021	-8.887	-0.019
<i>Lonchocarpus rugosus</i>	48	51	0.0507	-4.302	-0.218
<i>Lysiloma latisiliquum</i>	77	82	0.0813	-3.620	-0.294
<i>Malpighia glabra</i>	6	6	0.0063	-7.302	-0.046
<i>Manilkara zapota</i>	123	131	0.1299	-2.945	-0.382
<i>Matayba oppositifoliai</i>	5	5	0.0053	-7.565	-0.040
<i>Metopium brownei</i>	145	155	0.1531	-2.707	-0.415
<i>Nectandra coriacea</i>	18	19	0.0190	-5.717	-0.109
<i>Neea psychotrioides</i>	1	1	0.0011	-9.887	-0.010
<i>Piscidia piscipula</i>	23	25	0.0243	-5.363	-0.130
<i>Pouteria campechiana</i>	21	22	0.0222	-5.495	-0.122
<i>Pouteria unilocularis</i>	6	6	0.0063	-7.302	-0.046
<i>Protium copal</i>	5	5	0.0053	-7.565	-0.040
<i>Psidium sartorianum</i>	8	9	0.0084	-6.887	-0.058
<i>Randia longiloba</i>	1	1	0.0011	-9.887	-0.010
<i>Sabal yapa</i>	5	5	0.0053	-7.565	-0.040
<i>Sideroxylon foetidissimum</i>	2	2	0.0021	-8.887	-0.019
<i>Simarouba glauca</i>	2	2	0.0021	-8.887	-0.019
<i>Swartzia cubensis</i>	24	26	0.0253	-5.302	-0.134
<i>Sweetia panamensis</i>	9	10	0.0095	-6.717	-0.064
<i>Talisia olivaeformis</i>	11	12	0.0116	-6.428	-0.075
<i>Thevetia gaumeri</i>	18	19	0.0190	-5.717	-0.109
<i>Thrinax radiata</i>	8	9	0.0084	-6.887	-0.058
<i>Trema micrantha</i>	1	1	0.0011	-9.887	-0.010
<i>Trema micrantha</i>	3	3	0.0032	-8.302	-0.026
<i>Vitex gaumeri</i>	55	59	0.0581	-4.106	-0.238
<i>Zuelania guidonia</i>	1	1	0.0011	-9.887	-0.010
$\sum i =$	947	1,010		$H = - \sum_{i=1}^n p_i \ln p_i$	4.45 bits/ind

ESTRATO ARBUSTIVO					
ESPECIES	IND / 3,375 m ²	IND/Ha	ABUNDANCIA RELATIVA (AR)	LOG Pi	LOG Pi * AR
<i>Metopium brownei</i>	15	44	0.040	-4.66	-0.184
<i>Thevetia gaumeri</i>	19	56	0.050	-4.32	-0.216
<i>Sabal yapa</i>	12	36	0.032	-4.98	-0.158
<i>Thrinax radiata</i>	14	41	0.037	-4.76	-0.176
<i>Cordia dodecandra</i>	3	9	0.008	-6.98	-0.055
<i>Bursera simaruba</i>	25	74	0.066	-3.92	-0.259
<i>Trema micrantha</i>	2	6	0.005	-7.57	-0.040
<i>Cecropia peltata</i>	1	3	0.003	-8.57	-0.023
<i>Diospyros cuneata</i>	2	6	0.005	-7.57	-0.040
<i>Jatropha gaumeri</i>	1	3	0.003	-8.57	-0.023
<i>Guettarda elliptica</i>	5	15	0.013	-6.24	-0.082
<i>Gymnanthes licida</i>	18	53	0.047	-4.40	-0.209
<i>Gliricidia sepium</i>	6	18	0.016	-5.98	-0.095
<i>Lonchocarpus rugosus</i>	12	36	0.032	-4.98	-0.158
<i>Piscidia piscipula</i>	25	74	0.066	-3.92	-0.259
<i>Gymnopodium floribundum</i>	17	50	0.045	-4.48	-0.201
<i>Lysiloma latisiliquum</i>	25	74	0.066	-3.92	-0.259
<i>Bauhinia divaricata</i>	5	15	0.013	-6.24	-0.082
<i>Bauhinia jennindsii</i>	3	9	0.008	-6.98	-0.055
<i>Caesalpinia gaumeri</i>	1	3	0.003	-8.57	-0.023
<i>Nectandra coriacea</i>	5	15	0.013	-6.24	-0.082
<i>Malpighia glabra</i>	4	12	0.011	-6.57	-0.069
<i>Malva viscus arboreus</i>	2	6	0.005	-7.57	-0.040
<i>Hampea trilobata</i>	12	36	0.032	-4.98	-0.158
<i>Ficus cotinifolia</i>	16	47	0.042	-4.57	-0.193
<i>Ficus obtusifolia</i>	8	24	0.021	-5.57	-0.117
<i>Ficus tecolutensis</i>	8	24	0.021	-5.57	-0.117
<i>Brosimum alicastrum</i>	7	21	0.018	-5.76	-0.106
<i>Psidium sartorianum</i>	6	18	0.016	-5.98	-0.095
<i>Neea psychotrioides</i>	2	6	0.005	-7.57	-0.040
<i>Coccoloba spicata</i>	12	36	0.032	-4.98	-0.158
<i>Coccoloba diversifolia</i>	10	30	0.026	-5.24	-0.138
<i>Guettarda combsii</i>	5	15	0.013	-6.24	-0.082
<i>Eesenbeckia pentaphylla</i>	1	3	0.003	-8.57	-0.023
<i>Casimiroa tetrameria</i>	4	12	0.011	-6.57	-0.069
<i>Talisia olivaeformis</i>	1	3	0.003	-8.57	-0.023
<i>Chrysophyllum mexicanum</i>	2	6	0.005	-7.57	-0.040
<i>Manilkara zapota</i>	19	56	0.050	-4.32	-0.216
<i>Pouteria campechiana</i>	12	36	0.032	-4.98	-0.158
<i>Sideroxylon foetidissimum</i>	5	15	0.013	-6.24	-0.082
<i>Dipholis salicifolia</i>	1	3	0.003	-8.57	-0.023
<i>Pouteria unilocularis</i>	3	9	0.008	-6.98	-0.055
<i>Simarouba glauca</i>	1	3	0.003	-8.57	-0.023
<i>Trema micrantha</i>	4	12	0.011	-6.57	-0.069
<i>Vitex gaumeri</i>	18	53	0.047	-4.40	-0.209
$\sum_i =$	379	1123		$H = - \sum_{i=1}^S p_i \ln p_i$	4.98 bits/ind

ESTRATO HERBÁCEO					
ESPECIES	IND / 135 m ²	IND/Ha	ABUNDANCIA RELATIVA (AR)	LOG Pi	LOG Pi * AR
<i>Metopium brownei</i>	35	2593	0.0391	-4.676	-0.183
<i>Thevetia gaumeri</i>	12	889	0.0134	-6.221	-0.083
<i>Anthurium schlechtendalii</i>	25	1852	0.0279	-5.162	-0.144
<i>Sabal yapa</i>	28	2074	0.0313	-4.998	-0.156
<i>Thrinax radiata</i>	105	7778	0.1173	-3.091	-0.363
<i>Cydista potosina</i>	29	2148	0.0324	-4.948	-0.160
<i>Cordia dodecandra</i>	5	370	0.0056	-7.484	-0.042
<i>Bromelia karatas</i>	41	3037	0.0458	-4.448	-0.204
<i>Bursera simaruba</i>	12	889	0.0134	-6.221	-0.083
<i>Diospyros cuneata</i>	2	148	0.0022	-8.806	-0.020
<i>Jatropha gaumeri</i>	2	148	0.0022	-8.806	-0.020
<i>Guettarda elliptica</i>	11	815	0.0123	-6.346	-0.078
<i>Gymnanthes licida</i>	25	1852	0.0279	-5.162	-0.144
<i>Cnidioscolus chayamansa</i>	9	667	0.0101	-6.636	-0.067
<i>Lonchocarpus rugosus</i>	21	1556	0.0235	-5.413	-0.127
<i>Piscidia piscipula</i>	25	1852	0.0279	-5.162	-0.144
<i>Gymnopodium floribundum</i>	14	1037	0.0156	-5.998	-0.094
<i>Lysiloma latisiliquum</i>	26	1926	0.0291	-5.105	-0.148
<i>Bauhinia divaricata</i>	22	1630	0.0246	-5.346	-0.131
<i>Bauhinia jennindsii</i>	15	1111	0.0168	-5.899	-0.099
<i>Caesalpinia gaumeri</i>	5	370	0.0056	-7.484	-0.042
<i>Nectandra coriacea</i>	18	1333	0.0201	-5.636	-0.113
<i>Malva viscus arboreus</i>	36	2667	0.0402	-4.636	-0.186
<i>Hampea trilobata</i>	12	889	0.0134	-6.221	-0.083
<i>Ficus cotinifolia</i>	5	370	0.0056	-7.484	-0.042
<i>Ficus obtusifolia</i>	3	222	0.0034	-8.221	-0.028
<i>Brosimum alicastrum</i>	22	1630	0.0246	-5.346	-0.131
<i>Neea psychotrioides</i>	5	370	0.0056	-7.484	-0.042
<i>Coccoloba spicata</i>	21	1556	0.0235	-5.413	-0.127
<i>Coccoloba diversifolia</i>	15	1111	0.0168	-5.899	-0.099
<i>Psychotria nervosa</i>	55	4074	0.0615	-4.024	-0.247
<i>Guettarda combsii</i>	8	593	0.0089	-6.806	-0.061
<i>Casimiroa tetrameria</i>	12	889	0.0134	-6.221	-0.083
<i>Paullinia cururu</i>	41	3037	0.0458	-4.448	-0.204
<i>Talisia olivaeformis</i>	3	222	0.0034	-8.221	-0.028
<i>Chrysophyllum mexicanum</i>	9	667	0.0101	-6.636	-0.067
<i>Manilkara zapota</i>	56	4148	0.0626	-3.998	-0.250
<i>Pouteria campechiana</i>	2	148	0.0022	-8.806	-0.020
<i>Smilax mollis</i>	25	1852	0.0279	-5.162	-0.144
<i>Trema micrantha</i>	1	74	0.0011	-9.806	-0.011
<i>Vitex gaumeri</i>	3	222	0.0034	-8.221	-0.028
<i>Cissus alata</i>	32	2370	0.0358	-4.806	-0.172
<i>Cissus gossypifolia</i>	30	2222	0.0335	-4.899	-0.164
<i>Cissus microcarpa</i>	12	889	0.0134	-6.221	-0.083
$\sum_i =$	895	66,296		$H = - \sum_{i=1}^S p_i \ln p_i$	4.95 bits/ind

Como se puede observar en los resultados anteriores, la vegetación de Selva mediana subperennifolia que existe en el sistema ambiental, particularmente en el parque urbano Kabah, ostenta una biodiversidad alta en cuanto a especies de flora se refiere, ya que en todos los estratos de la vegetación se alcanza un valor de H superior a 4 bits/ind (estrato arbóreo $H=4.45$ bits/ind; estrato arbustivo $H=4.98$ bits/ind; y estrato herbáceo $H=4.95$ bits/ind), siendo el estrato arbustivo el más importante ya que alcanzó un valor de 4.98 bits/ind; tomando en cuenta que de acuerdo con el índice de Shannon – Wiener (1949), el valor máximo suele estar cerca de 5, y a mayor valor del índice, indica una mayor biodiversidad del ecosistema.

2. METODOLOGÍA PARA DETERMINAR EL ÍNDICE DE DIVERSIDAD DE LA FAUNA EN UN PREDIO TESTIGO DENTRO DEL SISTEMA AMBIENTAL

2.1. Delimitación del área de estudio

Par poder estimar el índice de diversidad de la fauna en un predio testigo dentro del sistema ambiental, utilizamos el mismo polígono de estudio que se aplicó para calcular el índice de diversidad de la flora, el cual ya fue descrito en el apartado anterior.

2.2. Métodos de muestreo aplicados al estudio de la fauna

Par poder estimar los índices de diversidad de la fauna en un ecosistema similar al que será afectado con el cambio de uso de suelo, se seleccionó nuevamente como área de estudio la UGA 23 “Parque Kabah”; ya que dicha superficie está destinada a su preservación dentro del y posee el mismo ecosistema que será afectado con el cambio de uso de suelo propuesto, a saber, Selva mediana subperennifolia.

Dentro de dicho polígono de estudio se llevaron a cabo 6 recorridos a lo largo y ancho de los senderos interpretativos con los que cuenta el parque, durante un período de 3 días; es decir, que por cada día de muestreo se realizaron dos recorridos, uno en la mañana en horario de 7:00 a 10:00 am; y otro por la tarde en horario de 3:00 a 5:00 pm.

2.3. Resultados obtenidos (composición de especies)

A continuación se presenta el listado de las especies de fauna asociadas al ecosistema en estudio, las cuales fueron registradas durante el muestreo.

AVES				
REGISTRO	ORDEN	FAMILIA	ESPECIE	NOMBRE COMÚN
1	Accipitriformes	Accipitridae	<i>Buteo magnirostris</i>	Águila caminera
2	Apodiformes	Trochilidae	<i>Amazilia yucatanensis</i>	Colibrí yucateco
3	Apodiformes	Trochilidae	<i>Amazilia rutila</i>	Colibrí Canela
4	Apodiformes	Trochilidae	<i>Chlorostilbon canivetii</i>	Esmeralda tijereta
5	Columbiformes	Columbidae	<i>Columbina talpacoti</i>	Tortolita
6	Columbiformes	Columbidae	<i>Leptoptila verreauxi</i>	Tzutzuy
7	Columbiformes	Columbidae	<i>Zenaida asiatica</i>	Sac pacal
8	Cuculiformes	Cuculidae	<i>Piaya cayana</i>	Pica buey
9	Galliformes	Cracidae	<i>Ortalis vetula</i>	Chachalaca
10	Passeriformes	Cardinalidae	<i>Saltator coerulescens</i>	Saltador ajicero
11	Passeriformes	Corvidae	<i>Cyanocorax yucatanicus</i>	Chara yucateca
12	Passeriformes	Corvidae	<i>Cyanocorax morio</i>	Chara papán

AVES				
REGISTRO	ORDEN	FAMILIA	ESPECIE	NOMBRE COMÚN
13	Passeriformes	Corvidae	<i>Cyanocorax inca</i>	Chara verde
14	Passeriformes	Fringillidae	<i>Euphonia affinis</i>	Coronilla
15	Passeriformes	Fringillidae	<i>Euphonia hirundinacea</i>	Fruterito garganta amarilla
16	Passeriformes	Icteridae	<i>Dives dives</i>	Tordo cantor
17	Passeriformes	Icteridae	<i>Icterus auratus</i>	Bolsero yucateco
18	Passeriformes	Icteridae	<i>Icterus gularis</i>	Oriol
19	Passeriformes	Mimidae	<i>Mimus gilvus</i>	Cenzontle
20	Passeriformes	Picidae	<i>Melanerpes aurifrons</i>	Carpintero
21	Passeriformes	Picidae	<i>Melanerpes pygmaeus</i>	Carpintero yucateco
22	Passeriformes	Thraupidae	<i>Habia fuscicauda</i>	Tángara hormiguera
23	Passeriformes	Troglodytidae	<i>Thryothorus ludovicianus</i>	Chivirín de carolina
24	Passeriformes	Troglodytidae	<i>Thryothorus maculipectus</i>	Chivirín moteado
25	Passeriformes	Tyrannidae	<i>Myiozetetes similis</i>	Luis gregario
26	Passeriformes	Tyrannidae	<i>Pitangus sulphuratus</i>	X'takay
27	Passeriformes	Tyrannidae	<i>Tyrannus melancholicus</i>	Tirano tropical
28	Passeriformes	Vireonidae	<i>Cyclarhis gujanensis</i>	Vireón cejirrufo
29	Passeriformes	Sylviidae	<i>Poliophtila caerulea</i>	Tacuarita azul
30	Psittaciformes	Psittacidae	<i>Aratinga nana</i>	Perico pechi sucio
31	Psittaciformes	Psittacidae	<i>Amazona xantholora</i>	Loro yucateco
32	Strigiformes	Strigidae	<i>Glaucidium brasilianum</i>	Tecolote bajoño

REPTILES				
REGISTRO	ORDEN	FAMILIA	ESPECIE	NOMBRE COMÚN
1	Squamata	Boidae	<i>Boa constrictor</i>	Boa
2	Squamata	Corytophanidae	<i>Basiliscus vittatus</i>	Basilisco
3	Squamata	Iguanidae	<i>Ctenosaura similis</i>	Iguana rayada
4	Squamata	Polychridae	<i>Anolis sagrei</i>	Lagartija común
5	Squamata	Polychridae	<i>Anolis tropidonotus</i>	Anolis pardo
6	Squamata	Teiidae	<i>Ameiva undulata</i>	Ameiva
7	Squamata	Colubridae	<i>Oxybelis aeneus</i>	Bejuquilla
8	Squamata	Gekkonidae	<i>Sphaerodactylus glaucus</i>	Geco enano collarajo
9	Squamata	Phrynosomatidae	<i>Sceloporus chrysostictus</i>	Lagartija espinosa
10	Testudines	Bataguridae	<i>Rhinoclemmys areolata</i>	Mojina
11	Testudines	Emydidae	<i>Trachemys scripta</i>	Jicotea
12	Crocodylia	Crocodylidae	<i>Crocodylus moreletii</i>	Cocodrilo de pantano

MAMÍFEROS				
REGISTRO	ORDEN	FAMILIA	ESPECIE	NOMBRE COMÚN
1	Artiodactyla	Cervidae	<i>Odocoileus virginianus</i>	Venado cola blanca
2	Artiodactyla	Tayassuidae	<i>Pecari tajacu</i>	Pecarí
3	Carnivora	Procyonidae	<i>Nasua narica</i>	Coatí
4	Chiroptera	Phyllostomidae	<i>Artibeus jamaicensis</i>	Murciélago frutero
5	Didelphimorphia	Didelphidae	<i>Didelphis virginiana</i>	Tlacuache
6	Rodentia	Agoutidae	<i>Agouti paca</i>	Paca común
7	Rodentia	Dasyproctidae	<i>Dasyprocta punctata</i>	Tzereque
8	Rodentia	Sciuridae	<i>Sciurus yucatanensis</i>	Ardilla gris
9	Rodentia	Sciuridae	<i>Sciurus yucatanensis</i>	Ardilla gris

ANFIBIOS				
REGISTRO	ORDEN	FAMILIA	ESPECIE	NOMBRE COMÚN
1	Anuros	Bufoinae	<i>Bufo valliceps</i>	Sapo común
2	Anuros	Bufoinae	<i>Bufo marinus</i>	Sapo gigante

De acuerdo con los datos presentados en las tablas anteriores se contó con un registro de 48 especies de fauna silvestre pertenecientes a cuatro grupos taxonómicos dentro del sistema ambiental, de los cuales, el grupo faunístico mejor representado son las aves con un total de 32 especies; seguido en orden de importancia por el grupo de los reptiles representados por 11 especies; los mamíferos con 9 especies; y por último tenemos al grupo de los anfibios con 2 especies registradas.

ESPECIES EN LA NOM-059-SEMARNAT-2010				
REGISTRO	FAMILIA	ESPECIE	NOMBRE COMÚN	ESTATUS
1	Psittacidae	<i>Aratinga nana</i>	Perico pechi sucio	Protección especial
2	Psittacidae	<i>Amazona xantholora</i>	Loro yucateco	Protección especial
3	Boidae	<i>Boa constrictor</i>	Boa	Amenazada
4	Crocodylidae	<i>Crocodylus moreletii</i>	Cocodrilo de pantano	Protección especial
5	Iguanidae	<i>Ctenosaura similis</i>	Iguana rayada	Amenazada
6	Gekkonidae	<i>Sphaerodactylus glaucus</i>	Geco enano collarejo	Protección especial
7	Bataguridae	<i>Rhinoclemmys areolata</i>	Mojina	Amenazada
8	Emydidae	<i>Trachemys scripta</i>	Jicotea	Protección especial

2.4. Cálculo del índice de diversidad

Para estimar la biodiversidad de la fauna presente en el sistema ambiental, se tomaron los datos del inventario faunístico realizado en el parque Kabah; a través del cual se obtuvo datos de abundancia relativa por especie y por grupo faunístico; y finalmente se calculó el índice de diversidad de Shannon – Wiener (1949), cuya ecuación se cita como:

$$H = - \sum_{i=1}^S p_i \ln p_i$$

Donde:

S = número total de especies.

$\sum i = 1$ = número total de individuos.

P_i = abundancia relativa de la especie *i*.

ln P_i = logaritmo natural (base 2 según la fórmula original) de la abundancia relativa de la especie *i*.

AVES				
ESPECIES	# DE INDIVIDUOS	ABUNDANCIA RELATIVA (AR)	LOG P _i	LOG P _i * AR
<i>Amazilia rutila</i>	3	0.010	-6.63	-0.067
<i>Amazilia yucatanensis</i>	5	0.017	-5.89	-0.099
<i>Amazona xantholora</i>	5	0.017	-5.89	-0.099
<i>Aratinga nana</i>	8	0.027	-5.21	-0.140
<i>Buteo magnirostris</i>	2	0.007	-7.21	-0.049
<i>Chlorostilbon canivetii</i>	1	0.003	-8.21	-0.028
<i>Columbina talpacoti</i>	15	0.051	-4.31	-0.218
<i>Cyanocorax inca</i>	8	0.027	-5.21	-0.140
<i>Cyanocorax morio</i>	6	0.020	-5.63	-0.114

AVES				
ESPECIES	# DE INDIVIDUOS	ABUNDANCIA RELATIVA (AR)	LOG Pi	LOG Pi * AR
<i>Cyanocorax yucatanicus</i>	15	0.051	-4.31	-0.218
<i>Cyclarhis gujanensis</i>	12	0.040	-4.63	-0.187
<i>Dives dives</i>	12	0.040	-4.63	-0.187
<i>Euphonia affinis</i>	4	0.013	-6.21	-0.084
<i>Euphonia hirundinacea</i>	1	0.003	-8.21	-0.028
<i>Glaucidium brasilianum</i>	2	0.007	-7.21	-0.049
<i>Habia fuscicauda</i>	2	0.007	-7.21	-0.049
<i>Icterus auratus</i>	15	0.051	-4.31	-0.218
<i>Icterus gularis</i>	6	0.020	-5.63	-0.114
<i>Leptoptila verreauxi</i>	3	0.010	-6.63	-0.067
<i>Melanerpes aurifrons</i>	8	0.027	-5.21	-0.140
<i>Melanerpes pygmaeus</i>	1	0.003	-8.21	-0.028
<i>Mimus gilvus</i>	18	0.061	-4.04	-0.245
<i>Myiozetetes similis</i>	6	0.020	-5.63	-0.114
<i>Ortalis vetula</i>	26	0.088	-3.51	-0.308
<i>Piaya cayana</i>	8	0.027	-5.21	-0.140
<i>Pitangus sulphuratus</i>	10	0.034	-4.89	-0.165
<i>Polioptila caerulea</i>	2	0.007	-7.21	-0.049
<i>Quiscalus mexicanus</i>	55	0.185	-2.43	-0.451
<i>Saltator coerulescens</i>	5	0.017	-5.89	-0.099
<i>Thryothorus ludovicianus</i>	3	0.010	-6.63	-0.067
<i>Thryothorus maculipectus</i>	2	0.007	-7.21	-0.049
<i>Tyrannus melancholicus</i>	4	0.013	-6.21	-0.084
<i>Zenaida asiatica</i>	24	0.081	-3.63	-0.293
$\sum i =$	297		$H = - \sum_{i=1}^S p_i \ln p_i$	4.38 bits/ind

REPTILES				
ESPECIES	# DE INDIVIDUOS	ABUNDANCIA RELATIVA (AR)	LOG Pi	LOG Pi * AR
<i>Boa constrictor</i>	2	0.015	-6.10	-0.09
<i>Basiliscus vittatus</i>	25	0.182	-2.45	-0.45
<i>Ctenosaura similis</i>	15	0.109	-3.19	-0.35
<i>Anolis sagrei</i>	35	0.255	-1.97	-0.50
<i>Anolis tropidonotus</i>	5	0.036	-4.78	-0.17
<i>Ameiva undulata</i>	2	0.015	-6.10	-0.09
<i>Oxybelis aeneus</i>	1	0.007	-7.10	-0.05
<i>Sphaerodactylus glaucus</i>	1	0.007	-7.10	-0.05
<i>Sceloporus chrysostictus</i>	14	0.102	-3.29	-0.34
<i>Rhinoclemmys areolata</i>	8	0.058	-4.10	-0.24
<i>Trachemys scripta</i>	25	0.182	-2.45	-0.45
<i>Crocodylus moreletii</i>	4	0.029	-5.10	-0.15
$\sum i =$	137		$H = - \sum_{i=1}^S p_i \ln p_i$	2.93 bits/ind

MAMÍFEROS				
ESPECIES	# DE INDIVIDUOS	ABUNDANCIA RELATIVA (AR)	LOG Pi	LOG Pi * AR
<i>Nasua narica</i>	65	0.61	-0.71	-0.433
<i>Artibeus jamaicensis</i>	6	0.06	-4.14	-0.235
<i>Didelphis virginiana</i>	8	0.08	-3.73	-0.281
<i>Sciurus yucatanensis</i>	15	0.14	-2.82	-0.399
<i>Odocoileus virginianus</i>	2	0.02	-5.73	-0.108
<i>Pecari tajacu</i>	1	0.01	-6.73	-0.063
<i>Agouti paca</i>	2	0.02	-5.73	-0.108
<i>Dasyprocta punctata</i>	6	0.06	-4.14	-0.235
<i>Dasybus novemcinctus</i>	1	0.01	-6.73	-0.063
$\Sigma i =$	106		$H = -\sum_{i=1}^S p_i \ln p_i$	1.93 bits/ind

ANFIBIOS				
ESPECIES	# DE INDIVIDUOS	ABUNDANCIA RELATIVA (AR)	LOG Pi	LOG Pi * AR
<i>Bufo valliceps</i>	3	0.75	-0.42	-0.311
<i>Bufo marinus</i>	1	0.25	-2.00	-0.500
$\Sigma i =$	4		$H = -\sum_{i=1}^S p_i \ln p_i$	0.81 bits/ind

Como se puede observar en los resultados anteriores, la vegetación de Selva mediana subperennifolia que se desarrolla en el sistema ambiental (predio testigo), ostenta una biodiversidad alta en cuanto a especies de aves se refiere, ya que este grupo faunístico alcanzó un valor de H superior a 4 ($H=4.38$ bits/ind), siendo el grupo faunístico de menor importancia los mamíferos con un valor de $H=1.93$ bits/ind; mientras que los reptiles presentaron una diversidad moderada con un valor de $H=2.93$ bits/ind. En el caso de los anfibios tenemos que se trata de un grupo faunístico poco representado, y con un índice muy bajo, incluso inferior a 1 ($H=0.81$ bits/ind).

3. ESTIMACIÓN DEL ÍNDICE DE DIVERSIDAD DE LA FLORA EN LA SUPERFICIE DE CUSTF

Para la estimación de la riqueza, abundancia florística e índice de biodiversidad de la vegetación que se encuentra presente en el área sujeta al cambio de uso de suelo, se utilizaron los resultados presentados del inventario forestal realizado en el predio de estudio, por lo que sólo se presentan los resultados obtenidos de acuerdo con las memorias de cálculo.

ESTRATO ARBÓREO				
Especies	Abundancia (individuos muestreados)	Abundancia relativa (pi)	Log ₂ Pi	Log ₂ Pi * pi
<i>Brosimum alicastrum</i>	5	0.011	-6.49	-0.072
<i>Bursera simaruba</i>	62	0.138	-2.85	-0.395
<i>Caesalpinia gaumeri</i>	1	0.002	-8.81	-0.020
<i>Cecropia peltata</i>	1	0.002	-8.81	-0.020
<i>Chrysophyllum mexicanum</i>	1	0.002	-8.81	-0.020
<i>Coccoloba barbadensis</i>	4	0.009	-6.81	-0.061
<i>Coccoloba spicata</i>	1	0.002	-8.81	-0.020
<i>Cordia dodecandra</i>	3	0.007	-7.22	-0.048
<i>Croton campechianus</i>	1	0.002	-8.81	-0.020
<i>Croton gaumeri</i>	2	0.004	-7.81	-0.035
<i>Dendropanax arboreus</i>	1	0.002	-8.81	-0.020

ESTRATO ARBÓREO				
Especies	Abundancia (individuos muestreados)	Abundancia relativa (pi)	Log ₂ Pi	Log ₂ Pi * pi
<i>Diospyros cuneata</i>	11	0.025	-5.35	-0.131
<i>Dipholis salicifolia</i>	5	0.011	-6.49	-0.072
<i>Drypetes lateriflora</i>	33	0.074	-3.76	-0.277
<i>Esenbeckia pentaphylla</i>	3	0.007	-7.22	-0.048
<i>Ficus obtusifolia</i>	3	0.007	-7.22	-0.048
<i>Ficus tecolutensis</i>	3	0.007	-7.22	-0.048
<i>Guettarda elliptica</i>	90	0.201	-2.32	-0.465
<i>Gutterda combsii</i>	29	0.065	-3.95	-0.256
<i>Gymnanthes lucida</i>	17	0.038	-4.72	-0.179
<i>Hampea trilobata</i>	1	0.002	-8.81	-0.020
<i>Krugiodendron ferreum</i>	37	0.083	-3.60	-0.297
<i>Leucaena leucocephala</i>	13	0.029	-5.11	-0.148
<i>Lonchocarpus rugosus</i>	1	0.002	-8.81	-0.020
<i>Lysiloma bahamensis</i>	5	0.011	-6.49	-0.072
<i>Lysiloma latisiliquum</i>	5	0.011	-6.49	-0.072
<i>Manilkara zapota</i>	3	0.007	-7.22	-0.048
<i>Mastichodendron foetidissimum</i>	1	0.002	-8.81	-0.020
<i>Metopium brownei</i>	3	0.007	-7.22	-0.048
<i>Nectandra coriacea</i>	1	0.002	-8.81	-0.020
<i>Ottoschulzia pallida</i>	1	0.002	-8.81	-0.020
<i>Physalis mayana</i>	3	0.007	-7.22	-0.048
<i>Piscidia piscipula</i>	2	0.004	-7.81	-0.035
<i>Plumeria obtusa</i>	1	0.002	-8.81	-0.020
<i>Pouteria campechiana</i>	1	0.002	-8.81	-0.020
<i>Pouteria unilocularis</i>	3	0.007	-7.22	-0.048
<i>Protium copal</i>	31	0.069	-3.85	-0.267
<i>Sabal yapa</i>	35	0.078	-3.68	-0.287
<i>Swartzia cubensis</i>	1	0.002	-8.81	-0.020
<i>Talisia olivaeformis</i>	5	0.011	-6.49	-0.072
<i>Thevetia gaumeri</i>	1	0.002	-8.81	-0.020
<i>Thouinia paucidentata</i>	9	0.020	-5.64	-0.113
<i>Thrinax radiata</i>	5	0.011	-6.49	-0.072
<i>Vitex gaumeri</i>	3	0.007	-7.22	-0.048
<i>Zuelania guidonia</i>	1	0.002	-8.81	-0.020
$H = - \sum_{i=1}^n p_i \ln p_i$				4.13 bits/ind

ESTRATO ARBUSTIVO				
Especies	Abundancia (individuos muestreados)	Abundancia relativa (pi)	Log ₂ Pi	Log ₂ Pi * pi
<i>Acacia cornijera</i>	4	0.015	-6.06	-0.091
<i>Acacia gaumeri</i>	4	0.015	-6.06	-0.091
<i>Ardisia escallonioides</i>	3	0.011	-6.47	-0.073
<i>Bauhinia divaricata</i>	1	0.004	-8.06	-0.030
<i>Brosimum alicastrum</i>	2	0.008	-7.06	-0.053
<i>Bursera simaruba</i>	5	0.019	-5.73	-0.108
<i>Byrsonima bucidaefolia</i>	1	0.004	-8.06	-0.030
<i>Caesalpinia gaumeri</i>	11	0.041	-4.60	-0.190
<i>Callicarpa acuminata</i>	4	0.015	-6.06	-0.091
<i>Cameraria latifolia</i>	3	0.011	-6.47	-0.073
<i>Chiranthodendron pentadactylon</i>	2	0.008	-7.06	-0.053

ESTRATO ARBUSTIVO				
Especies	Abundancia (individuos muestreados)	Abundancia relativa (pi)	Log ₂ Pi	Log ₂ Pi * pi
<i>Chrysophyllum mexicanum</i>	3	0.011	-6.47	-0.073
<i>Coccoloba barbadensis</i>	11	0.041	-4.60	-0.190
<i>Coccoloba spicata</i>	4	0.015	-6.06	-0.091
<i>Coccothrinax readii</i>	16	0.060	-4.06	-0.244
<i>Dendropanax arboreus</i>	1	0.004	-8.06	-0.030
<i>Diospyros cuneata</i>	14	0.053	-4.25	-0.224
<i>Diphysa carthagenensis</i>	1	0.004	-8.06	-0.030
<i>Drypetes lateriflora</i>	2	0.008	-7.06	-0.053
<i>Esenbeckia pentaphylla</i>	2	0.008	-7.06	-0.053
<i>Eugenia axillaris</i>	10	0.038	-4.73	-0.178
<i>Exothea diphylla</i>	1	0.004	-8.06	-0.030
<i>Ficus obtusifolia</i>	5	0.019	-5.73	-0.108
<i>Gliricidia sepium</i>	4	0.015	-6.06	-0.091
<i>Guazuma ulmifolia</i>	7	0.026	-5.25	-0.138
<i>Guettarda combsii</i>	3	0.011	-6.47	-0.073
<i>Guettarda elliptica</i>	5	0.019	-5.73	-0.108
<i>Gymnanthes lucida</i>	1	0.004	-8.06	-0.030
<i>Gymnopodium floribundum</i>	3	0.011	-6.47	-0.073
<i>Hampea trilobata</i>	9	0.034	-4.89	-0.165
<i>Hyperbaena winzerlingii</i>	2	0.008	-7.06	-0.053
<i>Jatropha gaumeri</i>	4	0.015	-6.06	-0.091
<i>Leucaena leucocephala</i>	5	0.019	-5.73	-0.108
<i>Lonchocarpus rugosus</i>	7	0.026	-5.25	-0.138
<i>Lonchocarpus xuul</i>	2	0.008	-7.06	-0.053
<i>Lysiloma latisiliquum</i>	4	0.015	-6.06	-0.091
<i>Maclura tinctoria</i>	1	0.004	-8.06	-0.030
<i>Malmea depressa</i>	3	0.011	-6.47	-0.073
<i>Malvaviscus arboreus</i>	3	0.011	-6.47	-0.073
<i>Manilkara zapota</i>	12	0.045	-4.47	-0.202
<i>Metopium brownei</i>	13	0.049	-4.35	-0.213
<i>Muntingia calabura</i>	3	0.011	-6.47	-0.073
<i>Myrcianthes fragrans</i>	2	0.008	-7.06	-0.053
<i>Nectandra coriacea</i>	11	0.041	-4.60	-0.190
<i>Piscidia piscipula</i>	8	0.030	-5.06	-0.152
<i>Pouteria campechiana</i>	8	0.030	-5.06	-0.152
<i>Pouteria unilocularis</i>	10	0.038	-4.73	-0.178
<i>Protium copal</i>	1	0.004	-8.06	-0.030
<i>Psidium sartorianum</i>	2	0.008	-7.06	-0.053
<i>Psychotria nervosa</i>	1	0.004	-8.06	-0.030
<i>Randia longiloba</i>	5	0.019	-5.73	-0.108
<i>Swartzia cubensis</i>	3	0.011	-6.47	-0.073
<i>Tallisia olivaeformis</i>	6	0.023	-5.47	-0.123
<i>Thevetia gaumeri</i>	1	0.004	-8.06	-0.030
<i>Thouinia paucidentata</i>	2	0.008	-7.06	-0.053
<i>Thrinax radiata</i>	2	0.008	-7.06	-0.053
<i>Vitex gaumeri</i>	3	0.011	-6.47	-0.073
			$H = - \sum_{i=1}^s p_i \ln p_i$	5.42 bits/ind

ESTRATO HERBÁCEO				
Especies	Abundancia (individuos muestreados)	Abundancia relativa (pi)	Log ₂ Pi	Log ₂ Pi * pi
<i>Acacia cornijera</i>	50	0.005	-7.78	-0.035
<i>Aechmea bracteata</i>	25	0.002	-8.78	-0.020
<i>Anthurium schlechtendalii</i>	100	0.009	-6.78	-0.062
<i>Aristolochia pentandra</i>	32	0.003	-8.42	-0.025
<i>Bauhinia divaricata</i>	250	0.023	-5.46	-0.124
<i>Bauhinia jenningsii</i>	321	0.029	-5.10	-0.149
<i>Bursera simaruba</i>	400	0.036	-4.78	-0.174
<i>Caesalpinia gaumeri</i>	214	0.019	-5.68	-0.111
<i>Callicarpa acuminata</i>	145	0.013	-6.24	-0.082
<i>Catasetum integerrimum</i>	30	0.003	-8.52	-0.023
<i>Chiranthodendron pentadactylon</i>	187	0.017	-5.88	-0.100
<i>Coccoloba barbadensis</i>	521	0.047	-4.40	-0.209
<i>Coccoloba spicata</i>	125	0.011	-6.46	-0.074
<i>Coccothrinax radii</i>	452	0.041	-4.60	-0.190
<i>Drypetes lateriflora</i>	220	0.020	-5.64	-0.113
<i>Eugenia axillaris</i>	50	0.005	-7.78	-0.035
<i>Gymnanthes lucida</i>	875	0.080	-3.65	-0.291
<i>Gymnopodium floribundum</i>	231	0.021	-5.57	-0.117
<i>Hampea trilobata</i>	411	0.037	-4.74	-0.177
<i>Leucaena leucocephala</i>	65	0.006	-7.40	-0.044
<i>Lysiloma latisiliquum</i>	754	0.069	-3.86	-0.265
<i>Malvaviscus arboreus</i>	986	0.090	-3.48	-0.312
<i>Manilkara zapota</i>	325	0.030	-5.08	-0.150
<i>Metopium brownei</i>	621	0.057	-4.14	-0.234
<i>Nectandra coriacea</i>	123	0.011	-6.48	-0.073
<i>Panicum amarum</i>	200	0.018	-5.78	-0.105
<i>Paullinia cururu</i>	632	0.058	-4.12	-0.237
<i>Phoradendron quadrangulare</i>	75	0.007	-7.19	-0.049
<i>Piscidia piscipula</i>	98	0.009	-6.81	-0.061
<i>Pouteria campechiana</i>	15	0.001	-9.52	-0.013
<i>Psychotria nervosa</i>	852	0.078	-3.69	-0.286
<i>Sabal yapa</i>	102	0.009	-6.75	-0.063
<i>Serjania goniocarpa</i>	458	0.042	-4.58	-0.191
<i>Smilax mollis</i>	251	0.023	-5.45	-0.125
<i>Tallisia olivaeformis</i>	85	0.008	-7.01	-0.054
<i>Thevetia gaumeri</i>	163	0.015	-6.07	-0.090
<i>Thrinax radiata</i>	452	0.041	-4.60	-0.190
<i>Tillandsia festucoides</i>	59	0.005	-7.54	-0.041
<i>Vitex gaumeri</i>	21	0.002	-9.03	-0.017
			$H = - \sum_{i=1}^S p_i \ln p_i$	4.71 bits/ind

De acuerdo con los datos presentados en las tablas anteriores, se puede concluir que en la superficie de cambio de uso de suelo, la vegetación de Selva mediana subperennifolia ostenta una biodiversidad alta en cuanto a especies de flora se refiere, ya que el índice de Shannon – Wiener (1949) alcanza un valor entre **H= 4.13 bits/ind y 5.42 bits/ind**; tomando en cuenta que de acuerdo con dicho índice, el valor máximo de biodiversidad suele estar cerca de 5; sin embargo, también resulta importante mencionar que la biodiversidad a nivel del estrato arbustivo es mayor en comparación con los estratos superiores, ya que el índice alcanzó un valor de **H= 5.42 bits/ind**.

4. ESTIMACIÓN DEL ÍNDICE DE DIVERSIDAD DE LA FAUNA EN LA SUPERFICIE DE CUSTF

Para la estimación de la riqueza, abundancia florística e índice de biodiversidad de la fauna que se encuentra presente en el área sujeta al cambio de uso de suelo, se utilizaron los resultados del inventario faunístico realizado en el predio de estudio, por lo que sólo se presentan los resultados obtenidos de acuerdo con las memorias de cálculo.

ÍNDICE DE BIODIVERSIDAD DE REPTILES				
ESPECIE	Abundancia Absoluta	Abundancia Relativa	LOG ₂ Pi	Pi * LOG ₂ Pi
<i>Ameiva undulata</i>	15	0.096	-3.39	-0.324
<i>Anolis sagrei</i>	58	0.369	-1.44	-0.531
<i>Basiliscus vittatus</i>	25	0.159	-2.65	-0.422
<i>Ctenosaura similis</i>	10	0.064	-3.97	-0.253
<i>Drymobius margaritiferus</i>	1	0.006	-7.29	-0.046
<i>Leptophis mexicanus</i>	1	0.006	-7.29	-0.046
<i>Sceloporus chrysostictus</i>	47	0.299	-1.74	-0.521
$H = - \sum_{i=1}^s p_i \ln p_i$				2.14 bits/ind

ÍNDICE DE BIODIVERSIDAD DE AVES				
ESPECIE	Abundancia Absoluta	Abundancia Relativa	LOG ₂ Pi	Pi * LOG ₂ Pi
<i>Buteo magnirostris</i>	2	0.010	-6.61	-0.067
<i>Cyanocorax morio</i>	1	0.005	-7.61	-0.039
<i>Cyanocorax yncas</i>	3	0.015	-6.03	-0.092
<i>Cyanocorax yucatanicus</i>	8	0.041	-4.61	-0.188
<i>Dives dives</i>	22	0.112	-3.16	-0.354
<i>Euphonia affinis</i>	5	0.026	-5.29	-0.135
<i>Icterus auratus</i>	12	0.061	-4.03	-0.247
<i>Mimus gilvus</i>	25	0.128	-2.97	-0.379
<i>Myiozetetes similis</i>	10	0.051	-4.29	-0.219
<i>Ortalis vetula</i>	4	0.020	-5.61	-0.115
<i>Piaya cayana</i>	1	0.005	-7.61	-0.039
<i>Pitangus sulphuratus</i>	8	0.041	-4.61	-0.188
<i>Polioptila caerulea</i>	2	0.010	-6.61	-0.067
<i>Quiscalus mexicanus</i>	54	0.276	-1.86	-0.512
<i>Sporophila torqueola</i>	5	0.026	-5.29	-0.135
<i>Thryothorus maculipectus</i>	6	0.031	-5.03	-0.154
<i>Tyrannus melancholicus</i>	7	0.036	-4.81	-0.172
<i>Zenaida asiatica</i>	21	0.107	-3.22	-0.345
$H = - \sum_{i=1}^s p_i \ln p_i$				3.45 bits/ind

ÍNDICE DE BIODIVERSIDAD DE MAMÍFEROS				
ESPECIE	Abundancia Absoluta	Abundancia Relativa	LOG ₂ Pi	Pi * LOG ₂ Pi
<i>Nasua narica</i>	6	0.462	-1.12	-0.515
<i>Odocoileus virginianus</i>	2	0.154	-2.70	-0.415
<i>Sciurus yucatanensis</i>	5	0.385	-1.38	-0.530
$H = - \sum_{i=1}^s p_i \ln p_i$				1.46 bits/ind

Como se puede observar en los datos de las tablas anteriores, la fauna asociada al ecosistema de Selva mediana subperennifolia que existe en la superficie de cambio de uso de suelo, ostenta una moderada biodiversidad en cuanto a especies de **aves** se refiere, ya que el índice de Shannon – Wiener (1949) alcanza un valor de **$H= 3.45 \text{ bits/ind}$** ; caso contrario a lo que ocurre con el grupo de los reptiles (**$H= 1.64 \text{ bits/ind}$**), mamíferos (**$H= 1.46 \text{ bits/ind}$**) y anfibios (**$H= 2.14 \text{ bits/ind}$**) donde el índice alcanzado indica que su biodiversidad en el ecosistema es baja. Esto se debe principalmente a que los polígonos de aprovechamiento que se proponen en éste proyecto, se ubican dentro de las instalaciones del Aeropuerto Internacional de Cancún que se encuentran actualmente en operación, lo que produce que la fauna se desplace hacia lugares mejor conservados y alejados de la perturbación que ello ocasiona. Esto se traduce a una baja diversidad de especies en el ecosistema y una escasa distribución de los mismos. Cabe aclarar que para el caso de los anfibios, sólo se identificó una especie, por lo que este grupo no alcanza un índice de biodiversidad de acuerdo con la metodología planteada.

5. CONCLUSIONES

Haciendo un análisis comparativo entre los valores obtenidos del índice de diversidad de flora y fauna en el sistema ambiental, con aquellos resultantes de la superficie de cambio de uso de suelo, se obtiene lo siguiente:

SISTEMA AMBIENTAL		SUPERFICIE DE CUSTF	
ESTRATO	ÍNDICE DE DIVERSIDAD	ÍNDICE DE DIVERSIDAD	ESTRATOS
ARBÓREO	4.45	4.13	ARBÓREO
ARBUSTIVO	4.98	5.42	ARBUSTIVO
HERBÁCEO	4.95	4.71	HERBÁCEO

SISTEMA AMBIENTAL		SUPERFICIE DE CUSTF	
GRUPO FAUNÍSTICO	ÍNDICE DE DIVERSIDAD	ÍNDICE DE DIVERSIDAD	GRUPO FAUNÍSTICO
ANFIBIOS	0.81	0.00	ANFIBIOS
REPTILES	2.93	2.14	REPTILES
AVES	4.38	3.45	AVES
MAMÍFEROS	1.93	1.46	MAMÍFEROS

Considerando lo anterior tenemos que la flora y la fauna que se desarrolla en el predio testigo del sistema ambiental, es ligeramente más diversa que aquella que se desarrolla en la superficie de CUSTF, por lo tanto, para que se ponga en riesgo la biodiversidad, tendría que ser la fauna del sistema ambiental la menos diversa y la fauna de la superficie de CUSTF la más diversa, situación que no ocurre para este proyecto de acuerdo con éste análisis.

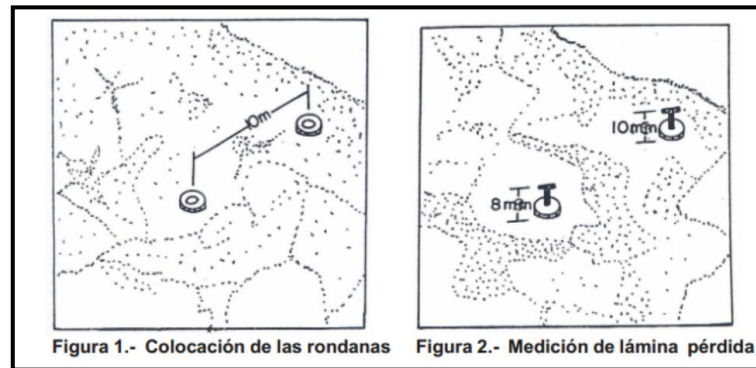
II. NO SE PROVOCARÁ LA EROSIÓN DE LOS SUELOS

1. ESTIMACIÓN DE LA PÉRDIDA ACTUAL DE SUELO A NIVEL DEL PEDIO

1.1. Descripción del método utilizado

Para evaluar la pérdida actual del suelo que ocurre a nivel del predio, se utilizó el método de “clavos y rondanas”, dado que se trata de un método sencillo, práctico y de bajos costos. El método consiste en utilizar clavos con rondanas, colocados a lo largo de un transecto a intervalos regulares (Fig. 1). La

rondana se coloca de manera que descansa sobre la superficie del suelo, tocando ligeramente la cabeza del clavo. El propósito de la rondana es marcar cortes en el terreno ocasionados por erosión y de esta forma medir el espesor de la capa de suelo perdido (Fig. 2).



1.2. Materiales y equipo utilizado en el muestreo

Para poder "leer" los cambios en el nivel de la superficie del suelo con mayor precisión, se utilizaron clavos estándar de 5 pulgadas, y rondanas planas de acero inoxidable de 2 pulgadas (figuras 1 y 2).



Fig. 1.- Clavos



Fig. 2.- Rondanas

Para ubicar los puntos de muestreo se utilizó un GPS de la marca Garmin calibrado en coordenadas UTM, referidas al Datum WGS84 y a la Zona 16Q Norte. Así mismo, se utilizó cinta métrica graduada en milímetros para medir los cortes en el terreno; y una cámara fotográfica para el registro de las actividades en campo.

Así mismo, se utilizó un tubo de PVC de 4 cm de altura y 5.08 cm o 2 pulgadas de diámetro, que permitió recolectar un volumen de 81 cm^3 ($V=\pi*r^2*h$), por cada muestra tomada del suelo utilizada para el cálculo de la densidad aparente (figuras 3).

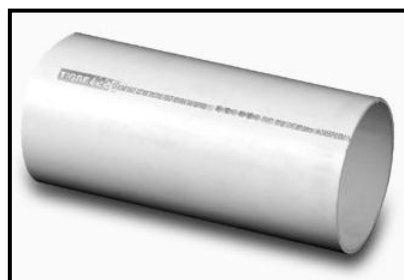


Fig. 3.- Tubo de PVC

1.3. Diseño del muestreo

Para la aplicación del método propuesto se llevó a cabo un muestreo aleatorio simple. Para determinar los puntos de muestreo, se trazó una cuadrícula distribuida a lo largo y ancho del predio a un intervalo de 10 m, y se seleccionaron dos transectos donde la intersección de los puntos X, Y, indicaba la coordenada en donde se debía ubicar la unidad de muestreo.

Es importante mencionar que en cada punto de muestreo se llevó a cabo una limpieza a matarrasa, en un radio de 1 metro alrededor del clavo, dejando expuesto el suelo a las condiciones climáticas, con el fin de que la materia orgánica en descomposición no afecte o altere las mediciones en campo. Los sitios permanecieron expuestos a las condiciones del medio, en un período de 5 días y al sexto día, se llevó a cabo la toma de datos en campo. En total se tomaron datos en 12 puntos o sitios de muestreo.

1.4. Registro de datos en campo

Para la toma de datos se utilizó una cinta métrica extensible o flexómetro, graduado en centímetros y milímetros, por medio de la cual se midió el corte del terreno por la pérdida del suelo.

- Con la ayuda del tubo de PVC se recogieron muestras del suelo (81 cm³ por cada muestra), el cual se enterró en la capa superficial del suelo con la ayuda de un mazo pequeño, eliminando únicamente la hojarasca que había en el sitio de la muestra. Posteriormente con ayuda de una pala se sacó el cilindro enterrado y con la ayuda de una navaja se enrasaba el suelo sobresaliente del cilindro para garantizar un volumen definido de suelo en cada muestra. Las muestras obtenidas del suelo fueron secadas en una estufa con horno a 105 °C hasta obtener un peso constante. Para cada sitio o punto de muestreo, se tomaron cinco repeticiones; una en el centro de cada sitio (cerca del clavo) y una muestra a diez metros del centro, en cada uno de los puntos cardinales, para finalmente obtener un promedio de densidad aparente por sitio de muestreo.

1.5. Resultados

1.5.1. Pérdida y deposición de suelo

En la siguiente tabla se presentan los datos obtenidos para la pérdida y deposición de suelo en cada sitio de muestreo, considerando el período de 5 días en el que permanecieron “*in situ*”.

REGISTRO DE PÉRDIDA Y DEPOSICIÓN DE SUELO													
PARÁMETRO	SITIOS O PUNTOS DE MUESTREO											Σ Promedio	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11		12
Pérdida (mm)	0	0	-1	0	0	-2	0	-1	0	0	-1	0	-0.42 mm
Deposición (mm)	+2	0	0	+1	0	0	+2	0	+1	+2	0	+2	+0.83 mm

1.5.2. Densidad aparente

Para la estimación de la densidad aparente del suelo, se utilizó el método denominado “determinación gravimétrica de la densidad aparente en muestra no alterada”, para lo cual fueron útiles los cilindros o tubos de PVC.

Extraída la muestra de suelo con los cilindros extractores y cubiertos con las tapas para evitar pérdidas de material, se colocó en una estufa con horno a 105-110 °C hasta peso constante (aproximadamente 24 hs). La densidad aparente (gr/cm³) se determinó con base en la siguiente fórmula:

$$DA \text{ (gr/cm}^3\text{)} = (A - B) / V$$

Donde:

A= peso seco del suelo

B= tara del cilindro (10 gr)

V= volumen de la muestra

En la siguiente tabla se presentan los resultados obtenidos de la densidad aparente, para cada muestra obtenida en los sitios de muestreo.

REGISTRO DE DENSIDAD APARENTE			
SITIO/MUESTRA	PESO SECO (gr)	TARA DEL CILINDRO (gr)	VOLUMEN DE SUELO (cm ³)
1	625	10	405
2	625	10	405
3	515	10	405
4	506	10	405
5	577	10	405
6	497	10	405
7	498	10	405
8	696	10	405
9	585	10	405
10	455	10	405
11	698	10	405
12	583	10	405
Acumulación (Σ)	6,860 gr	120 gr	4,860 cm³
Acumulación (Σ)	6.860 kg	0.12 kg	0.00486 m³
DENSIDAD APARENTE = (6.860 kg - 0.12 kg) / 0.00486 m³ DENSIDAD APARENTE = 1,386.83 kg/cm³			

Los resultados obtenidos expresados en milímetros, fueron transformados a toneladas por metro cúbico (Ton/m³), lo que nos arroja un resultado de 1.39 Ton/m³ para la unidad edáfica.

1.6. Cuantificación de pérdidas

a) **Tasa media de erosión.** Para la cuantificación de la tasa se erosión a nivel del predio, aplicando el método de clavos y rondanas, se utilizó la siguiente fórmula (Pizarro y Cuitiño, 2002):

$$X = Y * Da * 10$$

Donde:

X= pérdida de suelo o suelo erosionado

Y= altura media de suelo erosionado (mm)

Da= densidad aparente (Ton/m³)

Sustituyendo los valores de la fórmula se obtuvieron los siguientes resultados:

$$\begin{aligned} X &= Y * Da * 10 \\ P &= 0.42 * 1.39 * 10 \\ P &= 5.84 \text{ Ton/ha/año} \end{aligned}$$

b) **Tasa media de deposición.** Para la cuantificación de la tasa de erosión a nivel del predio, aplicando el método de clavos y rondanas, se utilizó la misma fórmula citada anteriormente (Pizarro y Cuitiño, 2002), pero considerando los valores de deposición obtenidos en campo, de tal manera que la variable “Y” ahora corresponde al valor de deposición promedio del suelo, quedando de la siguiente manera:

$$\begin{aligned} X &= Y * Da * 10 \\ P &= 0.83 * 1.39 * 10 \\ P &= 11.54 \text{ Ton/ha/año} \end{aligned}$$

c) **Erosión neta.** Se denomina como erosión neta (E_n) a la diferencia entre la erosión y la sedimentación ocurrida, expresada en metros cúbicos por hectárea o toneladas por hectárea (Cuitiño, 1999). Se expresa como:

$$E_n = E - S$$

Donde:

E_n = Erosión neta (ton/ha).

E = Erosión media del estrato (ton/ha).

S = Sedimentación media del estrato (ton/ha).

Sustituyendo los valores de la fórmula se obtuvieron los siguientes resultados:

$$\begin{aligned} E_n &= 5.84 \text{ Ton/ha/año} - 11.54 \text{ Ton/ha/año} \\ E_n &= -5.7 \text{ Ton/ha/año} \end{aligned}$$

De acuerdo con el resultado anterior, tenemos una erosión neta para el predio del proyecto de **-5.7 Ton/ha/año**; lo que significa que anualmente se repone (el resultado fue negativo y a favor de la deposición de suelo) una lámina de suelo de 0.57 mm, si consideramos que 1 mm de suelo es igual a 10 ton/ha de suelo (Martínez, M., 2005); y en ese sentido podemos concluir que en la superficie de CUSTF (sin el proyecto), no existe erosión, pues la tasa media de deposición del suelo es superior a la tasa media de erosión.

2. ESTIMACIÓN DE LA PÉRDIDA DEL SUELO CON EL CAMBIO DE USO DE SUELO PROPUESTO

Para la estimación de la pérdida de suelo que ocurriría en la superficie de cambio de uso de suelo propuesta, y considerando que se trata de un caso hipotético con fines de predicción (erosión potencial), se optó por utilizar la siguiente ecuación (Martínez, M., 2005):

$$E_p = R * K * LS$$

Donde:

E_p = Erosión potencial del suelo (t/ha/año).

R = Erosividad de la lluvia (Mj/ha mm/hr).

K = Erosionabilidad del suelo.

LS = Longitud y Grado de pendiente.

La metodología simplificada y adecuada para utilizarse dicha ecuación en nuestro país, también se puede encontrar en Martínez, M. (2005), como se describe a continuación:

a) **La erosividad (R)** se puede estimar utilizando la precipitación media anual de la región bajo estudio.

Se selecciona la región bajo estudio en el mapa de la República donde existen 14 regiones (Figura 1). La región bajo estudio se asocia a un número de la región y se consulta una ecuación cuadrática donde a partir de datos de precipitación anual (P) se puede estimar el **valor de R** (Cuadro 1).

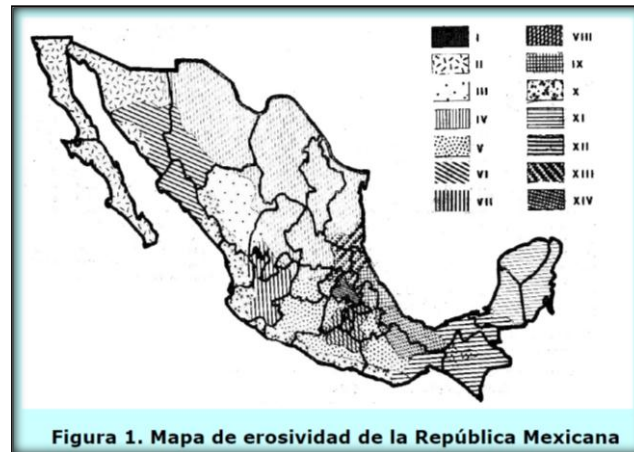


Figura 1. Mapa de erosividad de la República Mexicana

Cuadro 1. Ecuaciones para estimar la Erosividad de la lluvia (R) en las diferentes regiones del país .

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

De acuerdo con los datos de la figura 1 y el cuadro 1, se tiene que el predio del proyecto se ubica dentro de la Región XI y por lo tanto, le aplica la ecuación: $R = 3.7745P + 0.004540P^2$. Así mismo, considerando que la precipitación media anual de la zona en la que se ubica el predio, y por ende la superficie de cambio de uso de suelo es de 1,300 mm, sustituyendo estos valores en la ecuación obtenemos los siguientes resultados:

$$R = 3.7745P + 0.004540P^2$$

$$R = 3.7745 (1,300) + 0.004540 (1,300)^2$$

$$R = 4,906.85 + 0.004540 (1'690,000)$$

$$R = 4,906.85 + 7,672.6$$

$$R = 12,579.45 \text{ Mj/ha mm/hr}$$

b) **Erosionabilidad (K).** La susceptibilidad de los suelos a erosionarse depende de:

- Tamaño de las partículas del suelo
- Contenido de materia orgánica.
- Estructura del suelo.
- Permeabilidad.

Con datos de la textura de los suelos y contenido de materia orgánica, se estima el valor de erosionabilidad (K) (Cuadro 2).

Cuadro 2. Erosionabilidad de los suelos (K) en función de la textura y el contenido de materia orgánica

Textura	% de materia orgánica		
	0.0 – 0.5	0.5 - 2.0	2.0 – 4.0
Arena	0.005	0.003	0.002
Arena fina	0.016	0.014	0.010
Arena muy fina	0.042	0.036	0.028
Arena migajosa	0.012	0.010	0.008
Arena fina migajosa	0.024	0.020	0.016
Arena muy fina migajosa	0.044	0.038	0.030
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	0.038	0.034	0.029
Migajón limoso	0.048	0.042	0.033
Limo	0.060	0.052	0.042
Migajón arcillo arenosa	0.027	0.025	0.021
Migajón arcillosa	0.028	0.025	0.021
Migajón arcillo limosa	0.037	0.032	0.026
Arcillo arenosa	0.014	0.013	0.012
Arcillo limosa	0.025	0.023	0.019
Arcilla	0.013 - .029		

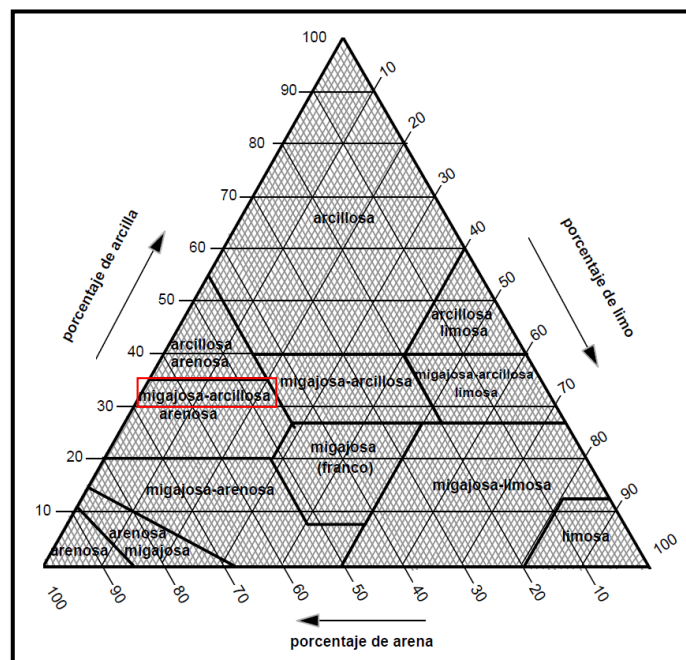
Mediante el análisis de la carta edafológica escala 1 a 250,000 del INEGI, la cual indica la distribución geográfica de los suelos clasificados de acuerdo con las descripciones de unidades FAO/UNESCO, se advierte que el predio se encuentran dentro de las siguientes unidades edafológicas (ver capítulo 5):

- **E+I/2/L.** Rendzina como suelo predominante más Litosol como suelo secundario; con clase textural media.

El tipo de suelo citado anteriormente, presentan una clase textural media y distinto contenido de materia orgánica. De acuerdo con el INEGI (Diccionario de datos edafológicos alfanumérico, 2001), las clases texturales del suelo indican cuál de las partículas de suelo (arena, limo o arcilla) domina en los 30 cm superficiales del suelo, a saber:

- Textura gruesa. Menos del 18% de arcilla y más del 65% de arena.
- Textura media. Menos del 35% de arcilla y menos del 65% de arena.
- Textura fina. Más del 35% de arcilla.

Tomando en cuenta que el tipo de suelo presente en la superficie de cambio de uso de suelo presenta una clase textural media, es decir, menos del 35% de arcilla y menos del 65% de arena, entonces tenemos que se trata de suelo con textura migajosa arcillosa, de acuerdo con el “Diagrama de texturas según el Departamento de Agricultura de los EUA”, utilizado en el Laboratorio de Análisis de Materiales del INEGI con adecuación de términos (Diccionario de datos edafológicos alfanumérico, 2001), el cual se muestra en la siguiente imagen.



En cuanto a la materia orgánica en los suelos predominantes, tenemos que la **Rendzina** es predominante por ser la unidad edáfica primaria, y son ricos en materia orgánica (de 2.0 a 4.0%); mientras que el **Litosol** se presenta como suelo secundario, pero también es rico en materia orgánica (de 2.0 a 4.0%).

Entonces tenemos que el suelo presente en la superficie de cambio de uso de suelo es de textura migajón arcilloso y el contenido de materia orgánica de más del 2.0%, por lo tanto el valor de K sería 0.021 de acuerdo con los datos del cuadro 2 presentado anteriormente.

c) Longitud y Grado de pendiente (LS)

La pendiente se estima como:

$$S = \frac{H_a - H_b}{L}$$

Donde:

S = Pendiente media del terreno (%).

Ha = Altura de la parte alta del terreno (m).

Hb = Altura de la parte baja del terreno (m)

L = Longitud del terreno (m).

De acuerdo con el levantamiento topográfico realizado en la superficie de cambio de uso de suelo:

- ▶ La altura de la parte alta del terreno es de 4.4 msnm;
- ▶ La altura de la parte baja del terreno es de 2.6; y
- ▶ La longitud del terreno analizada de 4,050 m (equivalente al largo aproximado del polígono de aprovechamiento).

Entonces la pendiente sería de:

$$S = 4.4 - 2.6 / 375$$

$$S = 1.8 / 4050$$

$$S = 0.00044 (100)$$

$$S = 0.044 \%$$

Al conocer la pendiente y la longitud de la pendiente, entonces el factor **LS** se calcula como:

$$LS = (\lambda)^m (0.0138 + 0.00965 S + 0.00138 S^2)$$

Donde:

LS = Factor de grado y longitud de la pendiente.

λ = Longitud de la pendiente

S = Pendiente media del terreno.

m = Parámetro cuyo valor es 0.5.

De acuerdo con los resultados obtenidos, y sustituyendo los valores en la fórmula tenemos:

- ▶ Longitud de la pendiente de 4,050 m
- ▶ Pendiente media del terreno 0.044%
- ▶ Valor constante de "m" = 0.5

LS se calcula como:

$$LS = (4050)^{0.5} [0.0138 + 0.00965 (0.044) + 0.00138 (0.044)^2]$$

$$LS = (63.64) (0.001032 + 0.000002372)$$

$$LS = (63.64) (0.00103)$$

$$LS = 0.065$$

d) Finalmente calculamos la **Erosión Potencial** como:

$$E_p = R * K * LS$$

$$E = (12,579.45) (0.021) (0.065)$$

$$E = 17.17 \text{ t/ha/año}$$

La erosión potencial calculada nos indica que se perderían 17.17 ton/ha/año en la superficie de cambio de uso de suelo con la implementación del proyecto pero sin medidas preventivas, de mitigación o de conservación de suelos; lo que significa que anualmente se perdería una lámina de suelo de 1.72 mm, si consideramos que 1 mm de suelo es igual a 10 ton/ha de suelo (Martínez, M., 2005).

3. CONCLUSIONES

De acuerdo con los cálculos realizados en los apartados anteriores, la erosión neta para el predio sin el proyecto es de **-5.7 Ton/ha/año**; lo que significa que anualmente se repone una lámina de suelo de 0.57 mm; y en ese sentido podemos concluir que en la superficie de CUSTF no existe erosión, pues la tasa media de deposición del suelo es superior a la tasa media de erosión; lo que significa que anualmente no se pierde suelo. Por otro lado, la erosión potencial calculada en la superficie de CUSTF con el proyecto es de 17.17 ton/ha/año sin prácticas de conservación; lo que significa que anualmente se perdería una lámina de suelo de 1.72 mm.

En sentido de lo anterior tenemos que la pérdida del suelo por erosión con la eliminación de la vegetación por el cambio de uso de suelo es significativa, ya que se perderían los 0.57 mm que se reponen anualmente sin la implementación del proyecto; sin embargo, esa pérdida está estimada en forma anual, lo que significa que se perdería 0.57 mm de suelo en 365 días; por lo tanto, si consideramos que el suelo sólo estará expuesto a la condiciones del clima (viento y lluvia) en un período máximo de 60 días (dos meses) que es el tiempo de duración de la etapa de desmonte (gradual), entonces tenemos que la pérdida efectiva del suelo por erosión será de 0.09 mm ($0.57 \text{ mm} * 60 / 365$), lo cual se considera despreciable puesto que no alcanza un milímetro. Después de ese lapso de tiempo se procederá al astillado, y el material resultante será dispersado en las áreas de aprovechamiento, lo cual actuará como una primera capa protectora del suelo; y finalmente se permitirá la regeneración natural del sotobosque o estrato herbáceo, el cual actuará como una segunda capa protectora; por lo que se anticipa que con estas prácticas de conservación, el suelo estará protegido de los factores que dan origen a la erosión.

III. NO SE PROVOCARÁ EL DETERIORO DE LA CALIDAD DEL AGUA O LA DISMINUCIÓN EN SU CAPTACIÓN

Para poder determinar que no se provocará el deterioro de la calidad del agua o la disminución en su captación, a continuación se presenta un análisis comparativo entre la cantidad de agua que es captada en la superficie de cambio de uso de suelo, y aquella que puede ser captada en el sistema ambiental.

1. CANTIDAD DE AGUA CAPTADA EN LA SUPERFICIE DE CAMBIO DE USO DE SUELO

La captura de agua o desempeño hidráulico, es el servicio ambiental que producen las áreas arboladas al impedir el rápido escurrimiento del agua de lluvia precipitada, proporcionando la infiltración de agua que alimenta los mantos acuíferos y la prolongación del ciclo del agua. El agua infiltrada o percolada, corresponde a la cantidad de agua que en realidad está capturando el bosque y que representa la oferta de agua producida por este (Torres y Guevara, 2002).

El potencial de infiltración de agua de un área arbolada, depende de un gran número de factores como: la cantidad y distribución de la precipitación, el tipo de suelo, las características del mantillo, el tipo de vegetación y geomorfología del área, entre otros. Esto indica que la estimación de captura de agua debe

realizarse por áreas específicas y con información muy fina sobre la mayor parte de las variables arriba señaladas (Torres y Guevara, 2002).

La estimación de volúmenes de infiltración de agua en áreas forestales que a continuación se presenta, se desarrolló siguiendo el modelo de escurrimiento general a través de la estimación de coeficientes de escurrimiento (IMTA, 1999). El modelo asume que el coeficiente de escurrimiento (C_e) se puede estimar como sigue:

$$C_e = K (P-500) / 200 \text{ cuando } K \text{ es igual o menor a } 0.15; \text{ y}$$

$$C_e = K (P-250) / 2000 + (K-0.15) / 1.5 \text{ cuando } K \text{ es mayor que } 0.15$$

K es un factor que depende de la cobertura arbolada y del tipo de suelo, lo cual puede apreciarse en el cuadro 9 que se presenta en la página siguiente.

COBERTURA DEL BOSQUE	TIPO DE SUELO		
	A	B	C
Más del 75%	0.07	0.16	0.24
Entre 50-75%	0.12	0.22	0.26
Entre 25-50%	0.17	0.26	0.28
Menos del 25%	0.22	0.28	0.30

Suelo A: Suelos permeables (arenas profundas y loes poco compactos).
Suelo B: Suelos medianamente permeables (arenas de mediana profundidad, loes y migajón).
Suelo C: Suelos casi impermeables (arenas o loes delgados sobre capa impermeable, arcillas).

FUENTE: Instituto Mexicano de Tecnología del Agua 1999.

Para la estimación de volúmenes de infiltración de agua en la superficie de cambio de uso de suelo sin el proyecto, se tomó como base la información del inventario forestal y el valor promedio de precipitación anual para la zona donde se ubica. También se consideró el supuesto del modelo que refiere que bosques con volúmenes superiores a 190 m³/ha son bosques con más del 75% de cobertura; los que se encuentran entre 100-190 m³/ha son bosques con 50-75% de cobertura; los que varían entre 35-100 m³/ha son bosques con 25-50% de cobertura y finalmente los que presentan volúmenes menores a 35 m³/ha son bosques con menos del 25% de cobertura. Así mismo, el modelo da por sentado que los suelos de bosque templado son suelos tipo A y los suelos tropicales con suelos tipo C (Torres y Guevara, 2002).

Considerando lo señalado anteriormente, tenemos que el valor de P (precipitación media anual) para la zona donde se ubica el predio es de 1,300 mm y el valor de K es de 0.24, considerando que la superficie de CUSTF se ubica en una zona tropical y por ende, los suelos tropicales son de tipo C; y dado que el volumen de la masa forestal del área sujeta al cambio de uso de suelo es de 4,448.16 m³ (cobertura con más del 75%).

COBERTURA DEL BOSQUE	TIPO DE SUELO		
	A	B	C
Más del 75%	0.07	0.16	0.24
Entre 50-75%	0.12	0.22	0.26
Entre 25-50%	0.17	0.26	0.28
Menos del 25%	0.22	0.28	0.30

Sustituyendo los valores en la fórmula, obtenemos lo siguiente:

$$C_e = K (P-250) / 2000 + (K-0.15) / 1.5 \text{ (ya que el valor de K es superior a 0.15)}$$

$$C_e = (0.24) (1,300 - 250) / 2000 + (0.24-0.15) / 1.5$$

$$C_e = (0.24) (1,050 / 2000) + (0.09 / 1.5)$$

$$C_e = (0.24) (0.525 + 0.06)$$

$$C_e = (0.24) (0.585)$$

$$C_e = 0.14$$

Entonces tenemos que el coeficiente de escurrimiento (**C_e**) en la superficie de cambio de uso de suelo, con cobertura vegetal mayor al 75%, es decir, sin el proyecto, es de 0.14.

Para calcular el escurrimiento medio anual, es necesario conocer el valor de la precipitación media, el área de drenaje y su coeficiente de escurrimiento. La fórmula a utilizar es la siguiente:

$$V_e = P * A_t * C_e$$

Donde:

V_e = Volumen medio anual de escurrimiento (m³)

A = Área total sujeta a cambio de uso de suelo (m²)

C = Coeficiente de escurrimiento anual

P = Precipitación media anual (m³)

De acuerdo con los sistemas de conversión, 1 mm equivale a 1 litro de agua por cada metro cuadrado, es decir, si se vierte 1 litro de agua en un metro cuadrado, la altura que alcanza es de 1 mm. Entonces tenemos que 1000 mm de precipitación media anual, equivalen a 1,000 litros de agua por metro cuadrado. Así mismo, tenemos que 1000 litros de agua equivalen a 1 m³, por lo tanto, tenemos que 1,300 litros equivalen a 1.3 m³ de agua.

Sustituyendo los valores a partir de la ecuación antes citada, resultó lo siguiente:

$$V_e = P * A_t * C_e$$

$$V_e = 1.3 \text{ m}^3 * 403,444.80 \text{ m}^2 * 0.14$$

$$V_e = 73,426.95 \text{ m}^3/\text{m}^2$$

Por otra parte, el volumen de infiltración puede estimarse con la siguiente ecuación (Aparicio, 2006):

$$I = P - V_e$$

Donde:

I: Volumen estimado de infiltración en el área de interés (m³)

P: Precipitación media anual en el área de interés (m³) * superficie de cambio de uso de suelo (m²)

E: Volumen estimado de escurrimiento en el área de interés (m³/m²)

Sustituyendo los valores en la ecuación, obtenemos lo siguiente:

$$I = P - Ve$$

$$I = (1.3 \text{ m}^3) (403,444.80 \text{ m}^2) - 73,426.95 \text{ m}^3/\text{m}^2$$

$$I = 524,478.24 \text{ m}^3/\text{m}^2 - 73,426.95 \text{ m}^3/\text{m}^2$$

$$I = 451,051.29 \text{ m}^3/\text{m}^2$$

Considerando los cálculos realizados en los apartados anteriores, podemos concluir que actualmente en la superficie de cambio de uso de suelo se capta un volumen de 451,051.29 m³/m² anuales, y se pierden 73,426.95 m³/m² anuales por escurrimiento.

2. CANTIDAD DE AGUA CAPTADA EN EL SISTEMA AMBIENTAL

Para calcular la cantidad de agua que puede ser captada en el sistema ambiental, se consideraron los datos presentados en las fichas técnicas de las UGAS 21 y 23 del POEL de Benito Juárez (modificación 2014), definidas como el sistema ambiental del proyecto, las cuales indican que dichas UGAS poseen una superficie total de 34,975.23 hectáreas; y una cobertura vegetal actual de 19,783.86 hectáreas; por lo tanto se trata de un sistema con más del 75% de cobertura. En ese sentido el valor de **K** también es de 0.24, considerando que el predio se ubica en una zona tropical y por ende, los suelos tropicales son de tipo C (Torres y Guevara, 2002).

COBERTURA DEL BOSQUE	TIPO DE SUELO		
	A	B	C
Más del 75%	0.07	0.16	0.24
Entre 50-75%	0.12	0.22	0.26
Entre 25-50%	0.17	0.26	0.28
Menos del 25%	0.22	0.28	0.30

Sustituyendo los valores en la fórmula, obtenemos lo siguiente:

$$Ce = K (P-250) / 2000 + (K-0.15) / 1.5 \text{ (ya que el valor de K es superior a 0.15)}$$

$$Ce = (0.24) (1,300 - 250) / 2000 + (0.24 - 0.15) / 1.5$$

$$Ce = (0.24) (1,050 / 2000) + (0.09 / 1.5)$$

$$Ce = (0.24) (0.525 + 0.06)$$

$$Ce = (0.24) (0.585)$$

$$Ce = 0.14$$

Entonces tenemos que el coeficiente de escurrimiento (**Ce**) en el sistema ambiental también es de 0.14.

Una vez calculado el coeficiente de escurrimiento, se procede a estimar el volumen de escurrimiento y el volumen de infiltración, anuales, conforme a lo siguiente

Volumen de escurrimiento anual: $V_e = P * A_t$ (superficie del SA con cobertura vegetal) * C_e

$$V_e = P * A_t * C_e$$
$$V_e = 1.3 \text{ m}^3 * 197'838,600 \text{ m}^2 * 0.14$$
$$V_e = 36'006,625.2 \text{ m}^3/\text{m}^2$$

Volumen de infiltración anual: $I = P - V_e$

$$I = P - V_e$$
$$I = (1.3 \text{ m}^3) (197'838,600 \text{ m}^2) - 36'006,625.2 \text{ m}^3/\text{m}^2$$
$$I = 257'190,180 \text{ m}^3/\text{m}^2 - 36'006,625.2 \text{ m}^3/\text{m}^2$$
$$I = 221'183,554.8 \text{ m}^3/\text{m}^2$$

Considerando los cálculos realizados en los apartados anteriores, podemos concluir que actualmente en la superficie del predio testigo dentro del sistema ambiental, se capta un volumen de 221'183,554.8 m³/m² anuales, y se pierden 36'006,625.2 m³/m² anuales por escurrimiento.

3. CONCLUSIONES

Considerando el volumen de captación de agua que ocurre en la superficie de CUSTF (451,051.29 m³/m² anuales), en comparación con el volumen de captación de agua estimado para el sistema ambiental (221'183,554.8 m³/m²), podemos concluir que la captación de agua en cantidad no se ve comprometida con el cambio de uso de suelo propuesto. Sumado a que la superficie de aprovechamiento permanecerá permeable al 100% y por lo tanto, la captación no se perderá ni se reducirá en lo absoluto.

PROVISIÓN DE AGUA EN CALIDAD:

Para no comprometer la calidad del acuífero subterráneo, y por lo tanto, evitar que se ponga en riesgo el servicio ambiental del ecosistema relacionado con la provisión de agua en calidad, el proyecto tiene contemplado llevar a cabo una serie de acciones que permitirán prevenir y en su caso, evitar la contaminación del acuífero, las cuales se describen a continuación:

- **Medida 1.** En ninguna etapa del proyecto se promoverá el uso de pozos domésticos para la extracción de agua subterránea, lo cual evitará que se descompense la recarga del acuífero por la extracción de agua “dulce”.
- **Medida 2.** Se contará con un equipo de respuesta rápida ante un derrame accidental de hidrocarburos por uso de maquinaria; con la finalidad de prevenir la contaminación del acuífero derivado de sustancias potencialmente contaminantes.
- **Medida 3.** Se instalarán sanitarios portátiles tipo “Sanirent” durante el cambio de uso del suelo, a razón de 1 por cada 20 trabajadores, con lo cual se evitará la micción y defecación al aire libre, y en consecuencia se estará evitando la contaminación del acuífero por el vertimiento de aguas residuales

directamente al suelo sin previo tratamiento. Cabe mencionar que las aguas residuales que se generen en los sanitarios, serán retirados del predio por la empresa prestadora del servicio, con lo que se garantiza que existirá un correcto manejo, retiro y disposición final de dichos residuos.

- **Medida 4.** Se instalarán contenedores herméticamente cerrados para el almacenamiento temporal de residuos sólidos urbanos, con la finalidad de llevar un estricto control sobre dichos residuos en la obra, evitando de esta manera que se generen lixiviados que pudieran derramarse al suelo y por ende, penetrar el subsuelo y contaminar el acuífero.

Con las medidas antes descritas, se prevé que el proyecto no será una fuente generadora de agentes potencialmente contaminantes del acuífero y no ocasionará la intrusión de la cuña salina; por lo que se puede concluir que el cambio de uso de suelo propuesto, no pone en riesgo la prestación del servicio ambiental de captación de agua en calidad.

IV. JUSTIFICACIÓN ECONÓMICA

1. LOS USOS ALTERNATIVOS DEL SUELO QUE SE PROPONEN SON MÁS PRODUCTIVOS A LARGO PLAZO

De acuerdo con la información presentada en el capítulo 10 del presente estudio, la estimación del valor económico total de los recursos biológicos de la superficie de cambio de uso de suelo, considerando los valores de uso (directo e indirecto) y no uso (opción, legado y existencia), asciende a la cantidad de **\$12'089,013.29** (son doce millones, ochenta y nueve mil, trece pesos 29/100 M. N.).

Por otra parte, el monto de la inversión programada para la ejecución del cambio de uso del suelo en sus etapas preliminares y de construcción es de \$8,377,000.00 (ocho millones, trescientos setenta y siete mil pesos 00/100 M.N.) estimado en 12 meses, que es el período de duración propuesto para estas etapas del proyecto.

Sin embargo, es importante mencionar que el proyecto en su etapa operativa estima invertir la cantidad de \$10'000,000.00 (son diez millones de pesos 00/100 M.N.) para trabajos de limpieza y mantenimiento, es decir, requiere una inversión de 250,000.00 (son doscientos cincuenta mil pesos 00/100 M.N.) por semestre, hasta finalizar la vida útil del proyecto.

Considerando las cifras señaladas anteriormente, tenemos que el beneficio económico que generará el proyecto es igual a \$18,377,000.00 (son dieciocho millones, trescientos setenta y siete mil pesos 00/100 M.N.), lo cual es superior al valor económico total de los recursos biológicos de la superficie de CUSTF, ya que existe una diferencia de \$6,287,986.71 (son seis millones, doscientos ochenta y siete mil, novecientos ochenta y seis pesos 71/100 M.N.); por lo tanto, el cambio de uso de suelo propuesto será más productivo a largo plazo, que si se mantuviera en sus condiciones originales el terreno forestal en estudio.

V. JUSTIFICACIÓN SOCIAL

El Aeropuerto Internacional de Cancún es el segundo en tamaño, y el que más tráfico internacional recibe en México. Recibió en 2004 a más de 10 millones de personas, en 2005 a 9 millones, en 2011 a 13 millones de personas y en 2013 atrajo a más de 15 millones de personas siendo el más transitado del

Estado y el más importante para el grupo Aeroportuario del Sureste (ASUR). Es la segunda mayor terminal aérea del país después del Aeropuerto Internacional de la Ciudad de México, en términos de número de pasajeros y operaciones de aeronaves manejados. Grupo Aeroportuario del Sureste (ASUR) fue el primer grupo aeroportuario con participación de capital privado en México. El 27 de noviembre de 2013, el aeropuerto internacional de Cancún (CUN) se convierte en el primer aeropuerto mexicano en recibir al Airbus-A380, el avión de pasajeros más grande del mundo en el marco de la celebración de los 80 años de Air France y los 15 de ASUR.

El Aeropuerto Internacional de Cancún es la principal puerta de entrada al destino turístico más visitado de México. Cancún ha gozado de un acelerado crecimiento en las últimas dos décadas, como consecuencia de la decisión tomada por el gobierno de México de promover esta región como un destino turístico integralmente planeado.

Es el segundo aeropuerto más transitado de México, sólo después del Aeropuerto Internacional de la Ciudad de México en Ciudad de México, pero el más importante en México y Latinoamérica por pasajeros internacionales. En 2013, el aeropuerto manejó casi 16 millones de pasajeros, un incremento superior al 10% comparado con 2012.

El Aeropuerto presta servicio a una región con una población de más de 1,000,000 de habitantes. Cancún está en el estado de Quintana Roo, y es el destino más solicitado de México, Estados Unidos y Canadá principalmente. En 2009 fue el destino turístico más visitado por los estadounidenses, más aún que ciudades turísticas tradicionales como Londres o París.

El aeropuerto se ha remodelado y expandido para convertirse en el 2° aeropuerto con mayor tráfico del país y el que atiende a más pasajeros internacionales en el país. Cuenta con dos pistas de aterrizaje operativas a más de 1,500 m de separación lo que permite que se usen de manera simultánea y tres terminales comerciales. La Terminal 1 es usada por Vuelos chárter procedentes de América del Norte, incluyendo a las aerolíneas chárter locales. La Terminal 2 es usada por algunas aerolíneas internacionales, así como por todas las aerolíneas nacionales y la nueva Terminal 3 se encarga de la mayoría de las operaciones internacionales de aerolíneas de América del Norte y Europa.

Basados en estos requerimientos, ASUR ha desarrollado un diseño conceptual para estas nuevas y/o remodeladas instalaciones resultado de los análisis de capacidad y demanda, cumpliendo con las normas de seguridad y las necesidades operativas.

Bajo esa premisa se desarrolla la propuesta para el desarrollo del Proyecto Ejecutivo para seguridad del aeropuerto con las superficies limitadoras de obstáculos; un aspecto de suma importancia para el despegue y aterrizaje de las aeronaves, y por supuesto, para seguridad de los pasajeros.

Por último, no hay que dejar de mencionar la alta oferta de empleo que generará el proyecto, puesto que sus dimensiones permiten estimar que se producirán 75 empleos, de los cuales 56 serán de carácter temporal por un año; y 19 de tipo permanente por un plazo de 79 años. Estas cifras permiten asumir, que el proyecto tendrá un alto impacto social, puesto que generará ingresos económicos para los trabajadores de la localidad que se dedican a la rama de la construcción y la aeroportuaria, a través de la oferta de empleo que se estima generar.

IDENTIFICACIÓN DE LOS INSTRUMENTOS METODOLÓGICOS Y ELEMENTOS TÉCNICOS
QUE SUSTENTAN LA INFORMACIÓN SEÑALADA EN EL DTU-B
CAPÍTULO XIV

PROYECTO:

“SUPERFICIES LIMITADORAS DE
OBSTÁCULOS DEL AEROPUERTO
INTERNACIONAL DE CANCÚN”



PROMUEVE: AEROPUERTO DE CANCÚN, S. A. DE C. V.



Bajo protesta de decir verdad, se declara que los resultados presentados en el Documento Técnico Unificado, se obtuvieron a través de la aplicación de las mejores técnicas y metodologías comúnmente utilizadas por la comunidad científica del país y del uso de la mayor información disponible, la cual se describe en los siguientes apartados:

I. FORMATOS DE PRESENTACIÓN

Para la elaboración del presente estudio se utilizaron diversos equipos y materiales de última generación, para obtener resultados confiables y fidedignos, los cuales se enuncian a continuación:

1. PLANOS GEORREFERENCIADOS

Para la elaboración de los diversos planos presentados en los capítulos que integran éste estudio, se utilizaron los programas **Quantum GIS (1.6.0 “Copiapó”)** y **AutoCAD 2013**; con un escala en tiempo real, 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, de la República Mexicana. De igual manera se utilizaron los datos vectoriales del Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática (INEGI) y de la Comisión Nacional para el Uso y Conocimiento de la Biodiversidad (CONABIO), a escalas 1:1000000 y 1:250000.

2. PLANOS ARQUITECTÓNICOS

Los planos arquitectónicos que ilustran las áreas de aprovechamiento del proyecto, particularmente de aquellos presentados en el capítulo 3 del presente estudio, fueron realizados con base en el programa AutoCAD 2013.

3. IMÁGENES SATELITALES

Las imágenes presentadas en los diversos capítulos que integran éste estudio, particularmente las satelitales, fueron obtenidas de imágenes Landsat, Ortofotos y del programa Google Earth (2013), 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.

4. FOTOGRAFÍAS

Las fotos que enriquecen los textos descritos en el presente manifiesto, fueron tomadas a través de una cámara digital marca Nikon Coolpix L120, con una resolución máxima de 14.1 megapíxeles efectivos.

5. IMÁGENES GRÁFICAS

Las imágenes que se presentan en los capítulos de este estudio (no imágenes satelitales, ni fotografías), fueron tomadas directamente de la red de internet.

6. COORDENADAS

Todas las coordenadas presentadas en los diversos capítulos que integran el presente documento, fueron recabadas a través de un geoposicionador satelital (GPS) de la marca Garmin, modelo Etrex. Las coordenadas se presentan con proyección en unidades UTM (Universal Transversal de Mercator), que a su vez se encuentran referidas al Datum WGS84, dentro de la Zona 16Q, Norte, que corresponde a la República Mexicana. Estas mismas coordenadas fueron corroboradas por medio del programa Quantum GIS (1.6.0 "Copiapó").

II. BIBLIOGRAFÍA

1. Arriaga Cabrera, L., V. Aguilar Sierra, J. Alcocer Durand, R. Jiménez Rosenberg, E. Muñoz López, E. Vázquez Domínguez (coords.). 1998. Regiones hidrológicas prioritarias. Escala de trabajo 1:4 000 000. 2ª. edición. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México.
2. 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.
3. Arriaga, L., J.M. Espinoza, C. Aguilar, E. Martínez, L. Gómez y E. Loa (coordinadores). 2000. Regiones terrestres prioritarias de México. Escala de trabajo 1:1 000 000. Comisión Nacional para el Conocimiento y uso de la Biodiversidad. México.
4. Arellano Rodríguez, J. Alberto, J. Salvador Flores Guido, J. Tun Garrido y Ma. Mercedes Cruz Bojórquez. 2003. Nomenclatura, forma de vida, uso, manejo y distribución de las especies vegetales de la Península de Yucatán. Universidad Autónoma de Yucatán, Mérida.
5. Diario Oficial de la Federación. 1988. Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente.
6. Diario Oficial de la Federación. 2000. Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en materia de Evaluación del Impacto Ambiental.
7. Diario Oficial de la Federación. 2003. Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable.
8. Diario Oficial de la Federación. 2005. Reglamento de la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable.
9. Diario Oficial de la Federación. 2010. 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.
10. Diario Oficial de la Federación. 2010. Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010.

11. Gaceta Oficial del Municipio de Benito Juárez, Quintana Roo. 2011. Caracterización Ambiental del Municipio de Benito Juárez.
12. Gómez Orea, D. 2002. Evaluación de Impacto Ambiental. 2ª Edición. Editorial Mundi-Prensa libros, S.A. 750 pp.
13. Juan M. Torres, R. y Alejandro Guevara, S. 2002. El potencial de México para la producción de servicios ambientales: captura de carbono y desempeño hidráulico. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales-Instituto Nacional de Ecología.
14. Moreno, C. E. 2001. Métodos para medir la biodiversidad. M&T–Manuales y Tesis SEA, Vol. 1. Zaragoza, 84 pp.
15. Navarro S., A. AICA: C-26, Omiltemi. En: Benítez, H., C. Arizmendi y L. Marquez. 1999. Base de Datos de las AICAS. CIPAMEX, CONABIO, FMCN, y CCA. (<http://www.conabio.gob.mx> .México).
16. Periódico Oficial del Gobierno del Estado de Quintana Roo. 2014. Modificación del Programa de Ordenamiento Ecológico Local del Municipio de Benito Juárez, Quintana Roo.
17. Periódico Oficial del Gobierno del Estado de Quintana Roo. 2005. Programa de Desarrollo Urbano del centro de población de la Ciudad de Cancún, Actualización 2005.
18. Proyecto de Norma Oficial Mexicana PROY-NOM-011-CNA-2000. “Conservación del Recurso Agua – Que establece las especificaciones y el método para determinar la disponibilidad media anual de las aguas nacionales”.
19. Ricardo O, Russo. 2009. Guía práctica para la medición de la captura de carbono en la biomasa forestal. Universidad Earth Unidad de carbono neutro.
20. Rodríguez, P. y E. Vázquez-Domínguez. 2003. Escala y diversidad de especies. In: Monroe, J.J. y J. Llorente B. (eds.). Una perspectiva Latinoamericana de la biogeografía. Comisión Nacional Para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F. 109-114 pp.

III. PÁGINAS ELECTRÓNICAS CONSULTADAS

1. <http://www.conabio.gob.mx>
2. <http://www.ine.gob.mx>
3. <http://www.inegi.gob.mx>
4. <http://www.semarnat.gob.mx>
5. <http://www.conanp.gob.mx>
6. <http://www.conafor.gob.mx>