MEDIO AMBIENTE

SECRETARÍA DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES

EL CONTENIDO DE ESTE ARCHIVO NO PODRÁ SER ALTERADO O MODIFICADO TOTAL O PARCIALMENTE, TODA VEZ QUE PUEDE CONSTITUIR EL DELITO DE FALSIFICACIÓN DE DOCUMENTOS DE CONFORMIDAD CON EL ARTÍCULO 244, FRACCIÓN III DEL CÓDIGO PENAL FEDERAL, QUE PUEDE DAR LUGAR A UNA SANCIÓN DE **PENA PRIVATIVA DE LA LIBERTAD** DE SEIS MESES A CINCO AÑOS Y DE CIENTO OCHENTA A TRESCIENTOS SESENTA DÍAS MULTA.

DIRECION GENERAL DE
IMPACTO Y RIESGO
AMBIENTAL

MANIFESTACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL MODALIDAD REGIONAL PARA EL:"PROYECTO INTEGRAL VILLAHERMOSA 2030, PUENTE CARRIZAL"

CAPÍTULO I

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



INDICE

1. DATOS GENERALES DEL PROYECTO 6
1.1. NOMBRE DEL PROYECTO 6
1.2. UBICACIÓN DEL PROYECTO 6
1.2.1 Localización del conjunto Extensión Paseo Tabasco–Puente Carrizal 8
1.2.2 Antecedente de la Extensión Paseo Tabasco 9
1.2.3 Puente Carrizal y sus obras asociadas 10
1.2.4 Características generales del Puente Carrizal 11
1.2.5 Obras inducidas y servicios existentes 11
1.2.6 Condiciones geológicas y geomorfológicas 12
1.2.7 Características geotécnicas del sitio 12
1.2.8 Exploración del subsuelo y nivel freático 13
1.2.9 Condiciones hidrogeológicas 13
1.2.10 Características sísmicas 14
1.2.11 Consideraciones de constructibilidad 14
1.3. DURACIÓN DEL PROYECTO 15
1.3.1 Duración estimada del proyecto (conforme al cronograma de trabajo) 16
1.4. INVERSIÓN REQUERIDA 17
1.4.1 Presupuesto estimado para la implementación de medidas ambientales 19
1.4.2 Descripción de los principales conceptos 20
1.4.2.1 Gestión, coordinación y supervisión ambiental. 20
1.4.2.2 Programa de Vigilancia Ambiental. 21
1.4.2.3 Control de emisiones atmosféricas. 21
1.4.2.4 Control de ruido y vibraciones. 21
1.4.2.5 Manejo de residuos. 21
1.4.2.6 Protección del suelo. 21
1.4.2.7 Protección del río Carrizal y control de sedimentos. 21
1.4.2.8 Monitoreo de calidad del agua. 22
1.4.2.9 Flora y reforestación/compensación. 22
1.4.2.10 Fauna silvestre. 22
1.4.2.11 Capacitación y señalización ambiental. 22
1.4.2.12 Contingencias ambientales. 22
1.4.2.13 Informes y seguimiento. 22
2. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO 22
2.1. SUSTENTO LEGAL 22
2.1.1 Fundamento constitucional y ambiental 23
2.1.2 Procedencia de la evaluación federal en materia de impacto ambiental 24
2.1.3 Aplicación del Reglamento de la LGEEPA en materia de Evaluación del Impacto Ambiental 24



2.1.4 Características del proyecto sujeto a evaluación ... 25
2.1.5 Interacción del proyecto con el río Carrizal ... 26
2.1.6 Procedencia de la Modalidad Regional ... 26
2.1.7 Alcance de la presente Manifestación de Impacto Ambiental ... 27
2.1.8 Relación con la Extensión Paseo Tabasco ... 28
2.1.9 Consideraciones en materia de aguas nacionales ... 29

2.2. INFORMACIÓN GENERAL DEL PROYECTO ... 29

2.2.1 Naturaleza del proyecto ... 30
2.2.2 Componentes principales del proyecto ... 31
2.2.3 Superestructura ... 32
2.2.4 Procedimiento constructivo ... 32
2.2.5 Preparación del sitio ... 32
2.2.6 Cimentaciones profundas ... 33
2.2.7 Excavaciones y sistemas de contención ... 33
2.2.8 Construcción de la subestructura ... 34
2.2.9 Construcción de la superestructura ... 34
2.2.10 Trabajos en el entorno del río Carrizal ... 34
2.2.11 Accesos, rampas y terracerías ... 35
2.2.12 Obras complementarias ... 36
2.2.13 Obras provisionales ... 36
2.2.14 Superficies de intervención ... 37

2.3. PLANOS Y SUPERFICIES DE INTERVENCIÓN ... 37

2.3.1 Planos de referencia ... 37

2.4. CALENDARIO DE OBRA ... 38

2.5. MAQUINARIA Y EQUIPO ... 38

2.6. UBICACIÓN FÍSICA ... 39

2.7. NATURALEZA DEL PROYECTO ... 41

2.7.1 Objetivo del proyecto ... 42
2.7.2 Justificación del proyecto ... 42
2.7.3 Características generales del proyecto ... 43
2.7.4 Descripción general de las obras que integran el proyecto ... 43
a) Preparación del sitio ... 43
b) Cimentaciones profundas ... 44
c) Estructuras de concreto ... 44
d) Estructuras metálicas ... 45
e) Elementos prefabricados y presforzados ... 45
f) Obras viales ... 45
g) Drenaje ... 45
h) Servicios afectados ... 45
i) Iluminación y mobiliario ... 45
2.7.5 Características físicas del sitio ... 46
2.7.6 Condiciones geotécnicas ... 46

2.7.7 Superficie requerida 47
2.7.8 Características particulares del proyecto 47
2.7.9 Cimentaciones profundas 48
2.7.10 Subestructura 48
2.7.11 Superestructura 49
2.7.12 Cruce sobre el río Carrizal 49
2.7.13 Accesos y rampas 50
2.7.14 Pavimentos 51
2.7.15 Guarniciones, banquetas y elementos de seguridad 51
2.7.16 Iluminación, señalamiento y mobiliario 51
2.7.17 Obras provisionales y áreas auxiliares 51

2.8. PAISAJISMO Y TRATAMIENTO DE ÁREAS VERDES 52

2.8.1 Criterios generales de selección vegetal 53
2.8.2 Estratificación y alturas de vegetación 53
2.8.3 Integración del arbolado existente 54
2.8.4 Tratamiento paisajístico de accesos y rampas 55
2.8.5 Tratamiento paisajístico de áreas bajo el puente 55
2.8.6 Tratamiento paisajístico de áreas residuales 56
2.8.7 Tratamiento de las áreas próximas al río Carrizal 56
2.8.8 Módulos y espaciamiento de plantación 57
2.8.9 Preparación del sitio y plantación 57
2.8.10 Integración ambiental y urbana 58
2.8.11 Criterios de conservación y mantenimiento 58

2.9. SISTEMA DE TABLESTACADO, PLATAFORMAS DE TRABAJO Y ESTABILIZACIÓN DE TERRAPLENES 59

2.9.1 Excavaciones y estabilidad de taludes 60
2.9.2 Plataformas temporales de trabajo para los apoyos P2 y P3 60
2.9.3 Condiciones hidráulicas consideradas para las plataformas temporales 61
2.9.4 Tablestacado temporal en el entorno de los apoyos 62
2.9.5 Características del sistema de tablestacado 62
2.9.6 Procedimiento constructivo del tablestacado 63
2.9.7 Protección de las márgenes del río Carrizal 64
2.9.8 Comportamiento hidráulico de la solución propuesta 65
2.9.9 Control de asentamientos y transición entre terraplén y estructura 66
2.9.10 Control de escurrimientos y protección de superficies expuestas 66
2.9.11 Reconformación del cauce y restitución de áreas temporales 67
2.9.12 Consideraciones ambientales durante la ejecución 67

ÍNDICE DE IMÁGENES

Imagen 1. Ubicación de las obras referentes al Proyecto Integral Villahermosa 2030 7
Imagen 2 Programa de obra 16
Imagen 3 Ubicación del Proyecto Integral Villahermosa 2030. 40

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Características de la ubicación del proyecto 8
Tabla 2 Sondeos del Estudio Geotécnico 13
Tabla 3 Inversión requerida 18
Tabla 4 inversión requerida por etapa 18
Tabla 5 Distribución de la inversión requerida 19
Tabla 6 Etapas de la obra 38
Tabla 7 Requerimiento de Equipo y Herramienta 38
Tabla 8 Coordenadas del proyecto 40
Tabla 9 Características generales del proyecto 43
Tabla 10 Características generales del proyecto de paisaje 53
Tabla 11 Resumen de soluciones 68

1. DATOS GENERALES DEL PROYECTO

1.1. Nombre del Proyecto

"PROYECTO INTEGRAL VILLAHERMOSA 2030, EXTENSIÓN PASEO TABASCO"

El Proyecto Integral Villahermosa 2030 corresponde a un conjunto de intervenciones de infraestructura orientadas a fortalecer la movilidad urbana de la ciudad de Villahermosa y su zona de influencia, mediante la consolidación de corredores viales, la construcción y adecuación de infraestructura para el transporte público, así como la solución de puntos estratégicos de conexión entre distintos sectores de la zona metropolitana.

Dentro de sus principales componentes se contempla la prolongación de la Avenida Paseo Tabasco hacia el poniente, mediante la integración de la **Extensión Paseo Tabasco** y el **Puente Carrizal**, infraestructura que permitirá establecer continuidad vial entre los municipios de Centro y Nacajuca.

El proyecto contempla, además, infraestructura complementaria asociada al funcionamiento del corredor, incluyendo elementos de movilidad, accesos, rampas, obras de drenaje, pavimentos, señalamiento, alumbrado, banquetas, estructuras y obras inducidas.

En términos funcionales, la intervención permitirá generar continuidad entre la infraestructura vial existente de la ciudad de Villahermosa y las zonas de crecimiento urbano localizadas hacia el poniente, favoreciendo la conexión con sectores como Parque Tabasco "Dora María", el Centro de Convenciones, la zona de Bosques de Saloya y otros puntos de interés urbano.

1.2. Ubicación del Proyecto

El Proyecto Integral Villahermosa 2030 se localiza en el estado de **Tabasco**, dentro del ámbito territorial de los municipios de **Centro y Nacajuca**.

La intervención se desarrolla principalmente en el entorno urbano de Villahermosa, siguiendo el eje de conexión de la Avenida Paseo Tabasco hacia el poniente, hasta establecer la conexión con el Boulevard Bicentenario y las vialidades existentes en la zona de influencia.

El **Puente Carrizal** constituye uno de los elementos estructurales principales del proyecto y se localiza sobre el río Carrizal, en la zona de intersección de la Avenida Paseo Tabasco con el **Periférico Carlos Pellicer Cámara**, en las inmediaciones de la carretera Bosques de Saloya.

La ubicación de referencia del Puente Carrizal corresponde aproximadamente a las coordenadas geográficas:

- **Latitud:** 18°00’21.45” N
- **Longitud:** 92°57’13.77” O

La Extensión Paseo Tabasco establece la continuidad del corredor hacia el poniente, conectando con el Boulevard Bicentenario, mientras que hacia el oriente se vincula con la Avenida Paseo Tabasco existente, en las inmediaciones del Parque La Choca.

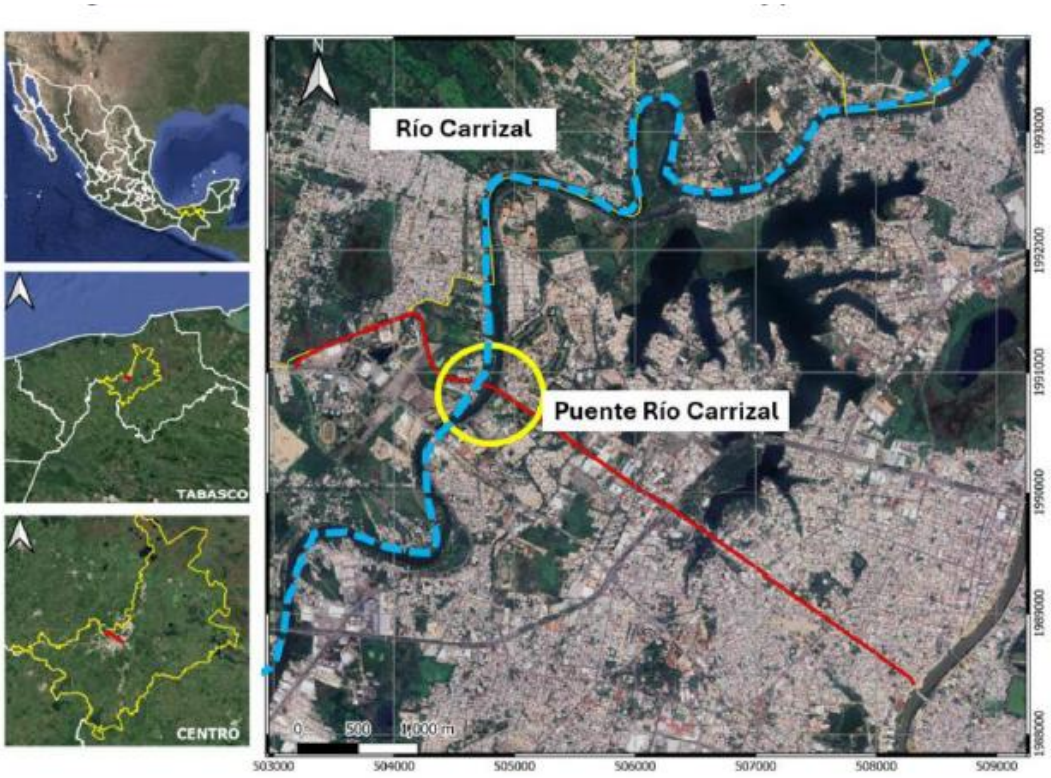


Imagen 1. Ubicación de las obras referentes al Proyecto Integral Villahermosa 2030

Desde el punto de vista territorial, el proyecto forma parte del principal eje estructurador de movilidad de la ciudad, permitiendo la integración funcional entre la zona centro y los nuevos polos de desarrollo urbano localizados hacia el poniente del municipio. Asimismo, la nueva infraestructura fortalece la conectividad metropolitana al establecer una comunicación directa con el municipio de Nacajuca mediante un corredor de alta capacidad que incorpora carriles de circulación general, carril confinado para transporte público,

estaciones de ascenso y descenso, infraestructura peatonal y ciclista, así como obras complementarias de drenaje, señalización, alumbrado y urbanización.

Desde la perspectiva fisiográfica e hidrológica, el corredor se desarrolla sobre la **planicie aluvial del sistema Grijalva–Carrizal**, caracterizada por pendientes suaves y depósitos aluviales recientes. El río Carrizal constituye el principal elemento natural interceptado por el proyecto y forma parte del sistema hidrográfico del bajo Grijalva, considerado de importancia estratégica para la región, razón por la cual el diseño de la infraestructura contempla condiciones específicas para su implantación dentro de un entorno urbano sujeto a regulación ambiental.

Tabla 1 *Características de la ubicación del proyecto*

Concepto	Descripción
Estado	Tabasco
Municipios	Centro y Nacajuca
Ciudad principal de referencia	Villahermosa
Región urbana	Zona metropolitana de Villahermosa
Cuerpo de agua asociado	Río Carrizal
Vialidad principal	Avenida Paseo Tabasco
Vialidades relacionadas	Periférico Carlos Pellicer Cámara, carretera Bosques de Saloya y Boulevard Bicentenario
Coordenadas de referencia del Puente Carrizal	18°00’21.45” N, 92°57’13.77” O

El entorno inmediato corresponde a una zona urbana desarrollada sobre una **planicie aluvial de baja pendiente**, asociada al sistema hidrográfico del bajo Grijalva. El río Carrizal constituye un elemento físico de importancia para la configuración territorial del sitio y representa una condicionante relevante para el diseño y ejecución de las obras.

1.2.1 Localización del conjunto Extensión Paseo Tabasco–Puente Carrizal

El corredor proyectado forma parte de una estrategia integral de movilidad urbana mediante la cual se pretende prolongar el eje de la Avenida Paseo Tabasco hacia el poniente.

La solución se integra por diferentes elementos funcionales, entre los que destacan:

1. Avenida Paseo Tabasco existente.
2. Extensión Paseo Tabasco.
3. Puente Carrizal.
4. Rampas y accesos al puente.
5. Ramales de incorporación y salida.

6. Infraestructura para transporte público.
7. Banquetas y elementos de movilidad peatonal.
8. Obras de drenaje.
9. Alumbrado público.
10. Señalamiento y dispositivos de control de tránsito.
11. Obras inducidas y adecuaciones de infraestructura existente.

La integración de estos elementos permite establecer una conexión continua entre el área urbana consolidada y las zonas localizadas al poniente de Villahermosa, incorporando infraestructura destinada tanto al tránsito vehicular como al transporte público.

El proyecto contempla asimismo un carril confinado para transporte público masivo y estaciones asociadas al corredor, de manera que la infraestructura vial funcione como parte de un sistema de movilidad urbana integral.

1.2.2 Antecedente de la Extensión Paseo Tabasco

La **Extensión Paseo Tabasco** constituye uno de los componentes del Proyecto Integral Villahermosa 2030 y corresponde al tramo destinado a prolongar la Avenida Paseo Tabasco hacia el poniente.

El tramo representado en el antecedente de exención presenta una longitud de aproximadamente **1,530.00 m**, con inicio en el sector del Boulevard Bicentenario y desarrollo hacia el entorno del río Carrizal.

Para efectos de la presente Manifestación de Impacto Ambiental, este componente deberá considerarse como **antecedente ambiental y administrativo**, toda vez que fue objeto de un procedimiento de exención.

En consecuencia, la superficie correspondiente a la Extensión Paseo Tabasco no deberá incorporarse nuevamente como superficie nueva de ocupación de la presente MIA-R, evitando con ello una duplicidad en la contabilización de la superficie de intervención.

Como referencia geométrica, considerando una longitud de 1,530.00 m y el ancho de sección utilizado previamente para el análisis del tramo, se obtiene una superficie aproximada de **36,261.00 m²**. Esta superficie se presenta únicamente como referencia del componente previamente atendido y deberá distinguirse de la superficie objeto de evaluación de la presente Manifestación.

Para efectos de la presente Manifestación de Impacto Ambiental, el componente principal sujeto a evaluación corresponde al:

1.2.3 Puente Carrizal y sus obras asociadas

El Puente Carrizal constituye una estructura de conexión sobre el río Carrizal y forma parte del corredor de prolongación de la Avenida Paseo Tabasco.

La solución contempla una estructura elevada integrada por superestructura, subestructura, cimentaciones, apoyos, accesos y elementos complementarios, además de las obras necesarias para garantizar su integración con la vialidad existente.

El proyecto considera una solución estructural de concreto, con una superestructura tipo cajón de canto variable y cinco vanos, incluyendo un claro central de aproximadamente 90 m y claros laterales de diferentes dimensiones. La subestructura está constituida por pilas intermedias y estribos localizados en los extremos de la estructura.

Asimismo, se contemplan rampas y terraplenes de acceso que permiten la transición entre la estructura elevada y las vialidades existentes. Los accesos incorporan elementos de contención y rellenos estructurales para garantizar la continuidad funcional de la infraestructura.

Como parte de la infraestructura complementaria del puente se consideran:

- Pavimentos.
- Terracerías.
- Rampas de acceso.
- Muros y elementos de contención.
- Drenaje pluvial.
- Banquetas.
- Parapetos.
- Alumbrado público.
- Señalamiento horizontal y vertical.
- Dispositivos de seguridad.
- Obras inducidas.
- Adecuaciones y protección de infraestructura existente.

El sistema de drenaje contempla la captación y conducción de los escurrimientos superficiales generados sobre el tablero, mientras que las banquetas laterales permiten mantener la continuidad de la circulación peatonal a lo largo de la estructura.

1.2.4 Características generales del Puente Carrizal

El Puente Carrizal se proyecta como una estructura destinada a resolver el cruce sobre el río Carrizal y establecer la continuidad del corredor vial.

La estructura comprende una superestructura de concreto estructural, apoyada sobre pilas y estribos, con una configuración que permite resolver el cruce del cauce y las diferencias de nivel entre las vialidades existentes.

De manera complementaria, se contemplan ramales de acceso y salida, así como las rampas necesarias para conectar el tablero del puente con las vialidades ubicadas a ambos lados del río.

Los accesos se resuelven mediante terraplenes conformados con materiales controlados y elementos de contención, integrándose progresivamente con la rasante de la estructura.

El diseño considera también una pendiente transversal de aproximadamente 2 % para conducir los escurrimientos hacia el sistema de drenaje pluvial, así como banquetas laterales de aproximadamente 1.80 m de ancho y parapetos de protección.

1.2.5 Obras inducidas y servicios existentes

Como parte de la intervención se han identificado diversos elementos de infraestructura existentes dentro del área de influencia directa de las obras.

Entre éstos se encuentran instalaciones y servicios relacionados con:

- Comisión Federal de Electricidad.
- Redes de agua potable.
- Infraestructura de drenaje.
- Infraestructura pluvial.
- Redes de telecomunicaciones.
- Instalaciones hidráulicas.
- Registros y pozos de servicio.
- Transformadores y elementos eléctricos.
- Infraestructura asociada a otros servicios urbanos.

Las obras inducidas comprenden las actividades necesarias para proteger, reubicar, ajustar o restituir aquellos servicios que pudieran interferir con la ejecución de las obras.



Es importante señalar que la presencia de infraestructura existente dentro del área del proyecto **no representa por sí misma superficie adicional de ocupación del proyecto**, por lo que deberá diferenciarse entre la superficie física de intervención de las obras y la superficie correspondiente a infraestructura existente que únicamente será objeto de protección, adecuación, reubicación o restitución.

1.2.6 Condiciones geológicas y geomorfológicas

El sitio del proyecto se encuentra dentro de la **Planicie Costera del Golfo Sur de México**, en la región de las Cuencas del Sureste.

El entorno regional se caracteriza por un relieve prácticamente plano y una marcada influencia de los sistemas fluviales asociados al río Grijalva y sus tributarios. La evolución del territorio ha estado determinada por procesos de sedimentación fluvial, deltaica y palustre.

En el ámbito local, el Puente Carrizal se encuentra sobre una **planicie aluvial activa**, próxima al cauce del río, con topografía prácticamente horizontal y presencia de materiales finos recientes.

Los depósitos superficiales corresponden principalmente a materiales cuaternarios asociados con la dinámica fluvial.

Dentro de las unidades regionales se identifican:

- depósitos de arenas y limos;
- unidades de arenisca y conglomerado polimíctico;
- depósitos aluviales;
- depósitos palustres.

Los **depósitos aluviales del Holoceno** constituyen una de las unidades de mayor relevancia para el sitio, debido a que se encuentran asociados directamente con la dinámica de los ríos y con las planicies de inundación. Se encuentran constituidos por combinaciones de gravas, arenas, limos y arcillas, con condiciones variables de consolidación y distribución espacial.

1.2.7 Características geotécnicas del sitio

La caracterización geotécnica identifica una secuencia de materiales predominantemente **limo-arcillosos**, con presencia de arcillas de media a alta plasticidad e intercalaciones de limos y arenas finas.

En superficie predominan materiales cohesivos con condiciones de humedad importantes y consistencias variables. A mayor profundidad se observa un incremento progresivo de la resistencia de los materiales.

También se identificaron lentes y horizontes discontinuos de materiales granulares constituidos principalmente por arenas limosas y arenas con limo, cuya distribución responde a antiguos canales y variaciones en la energía de los procesos fluviales.

Esta configuración geotécnica tiene implicaciones directas sobre las actividades de construcción, particularmente en lo relativo a cimentaciones, excavaciones, manejo de agua y estabilidad de los terrenos.

1.2.8 Exploración del subsuelo y nivel freático

Como parte de la caracterización del sitio se realizaron **cinco perforaciones geotécnicas**, identificadas como S-01, S-02, S-03, S-04 y S-05, con profundidades aproximadas de 30 m.

Las perforaciones permitieron caracterizar la estratigrafía del subsuelo, identificar las condiciones del nivel freático y obtener muestras para ensayos de laboratorio.

Tabla 2 *Sondeos del Estudio Geotécnico*

Sondeo	Este UTM	Norte UTM	Profundidad	Nivel freático
S-01	504626.00	1990907.00	30.0 m	2.85 m
S-02	504740.00	1990881.00	30.2 m	3.25 m
S-03	504844.00	1990856.00	30.8 m	No detectado
S-04	504883.00	1990845.00	30.0 m	No detectado
S-05	504957.00	1990794.00	30.1 m	1.80 m

La presencia de niveles freáticos someros constituye una condición relevante para las actividades de excavación y cimentación, particularmente en las zonas próximas al cauce.

1.2.9 Condiciones hidrogeológicas

Las condiciones hidrogeológicas del sitio están directamente relacionadas con su localización dentro de una planicie aluvial y con la proximidad del río Carrizal.

El nivel freático se presenta de manera relativamente somera en parte del área explorada, con variaciones entre los sondeos. Esta condición puede presentar variaciones estacionales asociadas a las condiciones hidrológicas y de precipitación.

En consecuencia, las actividades constructivas deberán considerar medidas de control del agua durante excavaciones y trabajos de cimentación.

La presencia de agua subterránea adquiere particular relevancia en las excavaciones localizadas próximas al cauce, donde además de la influencia del nivel freático se presenta la interacción con la carga hidráulica del río.

1.2.10 Características sísmicas

El área de Villahermosa se encuentra localizada, de acuerdo con la regionalización sísmica utilizada en el estudio geotécnico, en la **Zona Sísmica C**.

Para el sitio del Puente Carrizal se establece un rango de aceleración máxima en roca de aproximadamente **100 a 200 cm/s²**, correspondiente a la clasificación señalada en dicho estudio.

Estas condiciones deberán ser consideradas tanto en el diseño estructural como en la evaluación de la interacción suelo-estructura y en las medidas de seguridad aplicables durante la construcción.

1.2.11 Consideraciones de constructibilidad

Las condiciones particulares del sitio requieren que las actividades constructivas se desarrollen bajo procedimientos que consideren la presencia de materiales de baja consistencia, nivel freático somero y proximidad inmediata al cauce.

Para las excavaciones destinadas a la construcción de encepados, fuera de la influencia directa del cauce y del nivel hidráulico del río, se considera como criterio general la ejecución de taludes de corte con una pendiente máxima de **2H:1V**.

Estos taludes deberán ejecutarse de manera progresiva y acompañarse de medidas de control de escurrimientos superficiales.

En las zonas localizadas en la margen del cauce, donde sea necesaria una excavación vertical, se considera el empleo de un **sistema continuo de tablestacado paralelo a la margen del río**, debido a la influencia combinada del nivel freático y de la carga hidráulica del cauce.

Asimismo, se recomienda limitar la profundidad de excavación y evitar sobreexcavaciones que puedan provocar pérdida de confinamiento del terreno o favorecer procesos de socavación.

1.3. Duración del Proyecto

La ejecución del **Puente Carrizal** se desarrollará en un periodo estimado de **16 meses**, durante el cual se llevarán a cabo de manera secuencial y simultánea las actividades necesarias para la construcción de la infraestructura vial, incluyendo las obras de cimentación, superestructura, accesos, obras complementarias y elementos de integración urbana.

El programa de obra contempla inicialmente la realización y/o actualización de los estudios preliminares, trabajos de topografía, revisión de las condiciones geotécnicas, estudios hidrológicos e hidráulicos, aspectos ambientales, movilidad, proyecto ejecutivo y verificación de interferencias con servicios existentes, actividades necesarias para establecer las condiciones técnicas y operativas para el desarrollo de los diferentes frentes de trabajo.

Posteriormente, se desarrollarán las actividades de preparación del sitio, incluyendo el trazo y nivelación, limpieza y remociones, protección y reubicación de servicios afectados, así como la habilitación de accesos y plataformas temporales. De manera subsecuente, se ejecutarán las cimentaciones profundas, mediante la construcción de pilotes, encepados y demás elementos asociados, para continuar con la construcción de pilas, columnas, cabezales, estribos y elementos de la superestructura del puente.

De forma paralela, se contempla la ejecución de los trabajos de acero de refuerzo, elementos prefabricados y presforzados, estructuras metálicas y obras complementarias, así como la construcción de los sistemas de drenaje, guarniciones, banquetas y pavimentos correspondientes a los diferentes frentes de obra. Asimismo, se realizarán las actividades relacionadas con la iluminación, mobiliario y urbanización, necesarias para la integración funcional del proyecto con la infraestructura vial existente.

De manera transversal a la ejecución de la obra, se contempla la protección y seguimiento de los servicios existentes y de las instalaciones que pudieran resultar interferidas, así como la implementación de las medidas ambientales correspondientes a cada etapa constructiva, incluyendo el manejo de residuos, control de emisiones de polvo, prevención de derrames, manejo de aguas de excavación y escurrimientos, protección de las áreas próximas al cauce y demás medidas de prevención, mitigación y vigilancia ambiental.

Finalmente, se realizarán las actividades de limpieza, retiro de obras provisionales, terminación de obras complementarias, colocación de mobiliario, verificación de instalaciones, pruebas y puesta en operación, con lo cual se concluirán los trabajos correspondientes al Puente Carrizal.

El cronograma considera la superposición de diversas actividades y frentes de trabajo, particularmente en las etapas de cimentación, construcción de la superestructura, obras complementarias, drenaje,

pavimentos e instalaciones, con el propósito de optimizar los tiempos de ejecución, mantener la continuidad de los trabajos y hacer un uso eficiente de los recursos humanos, materiales y maquinaria.

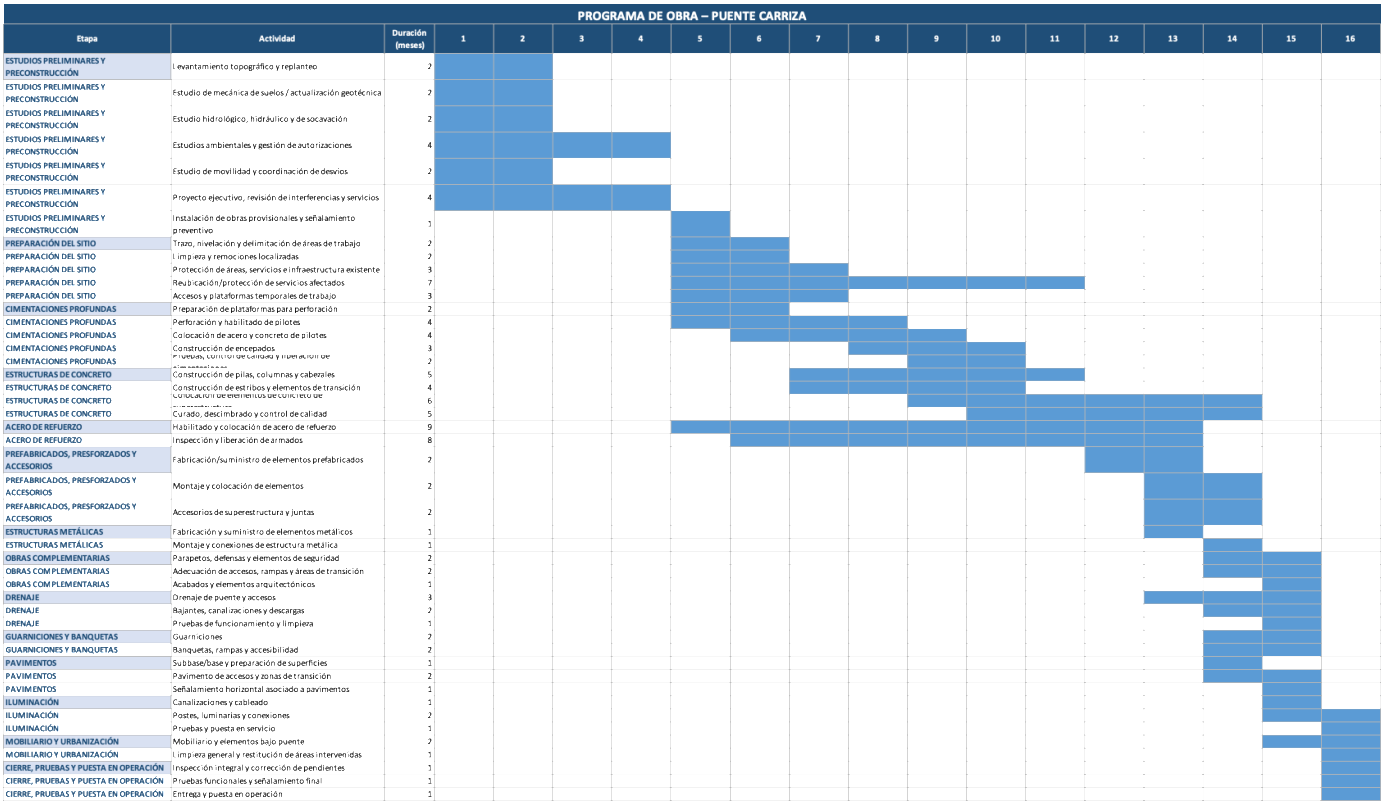


Imagen 2 *Programa de obra*

1.3.1 Duración estimada del proyecto (conforme al cronograma de trabajo)

Preparación del sitio y construcción: 16 meses, equivalentes a 1 año y 4 meses.

Operación y/o mantenimiento: 75 años, correspondientes al periodo de vida en servicio considerado para una estructura de puente definitivo, sujeto a las actividades de inspección, conservación, mantenimiento preventivo y correctivo que correspondan durante su vida útil.

Cierre y abandono del sitio: No se contempla dentro del horizonte de planeación del proyecto, debido al carácter permanente de la infraestructura. Una vez concluida la construcción, el puente entrará en operación y será objeto de actividades de conservación y mantenimiento durante su vida útil.

Infraestructura y servicios existentes

El área de intervención presenta infraestructura urbana existente asociada a las vialidades y al desarrollo urbano de ambas márgenes del río.

Entre los servicios identificados se encuentran instalaciones de:

- energía eléctrica;
- agua potable;
- drenaje;
- infraestructura pluvial;
- telecomunicaciones;
- infraestructura hidráulica;
- registros y pozos;
- transformadores;
- redes asociadas a servicios urbanos.

La ejecución del proyecto requerirá identificar aquellos elementos que presenten interferencia con las nuevas estructuras, accesos, cimentaciones y áreas de construcción.

Las actividades podrán comprender:

- protección de instalaciones;
- reubicación;
- restitución;
- adecuación;
- sustitución;
- construcción de obras complementarias.

Estas actividades deberán programarse de manera coordinada con las empresas y organismos responsables de cada servicio.

1.4. Inversión requerida

El presupuesto ejecutivo del Proyecto Integral “Villahermosa 2030” identifica para el **Puente Carrizal** una inversión de **$1,062,681,075.31 M.N.** (mil sesenta y dos millones seiscientos ochenta y un mil setenta y cinco pesos 31/100 M.N.). Este monto corresponde al precio alzado del Puente Carrizal e integra los trabajos necesarios para la ejecución de pavimentos, estructuras de concreto, cimentaciones profundas,

acero de refuerzo, elementos prefabricados y presforzados, estructuras metálicas, obras complementarias, drenaje, guarniciones y banquetas, servicios afectados, iluminación y mobiliario bajo puente.

La distribución de la inversión por conceptos generales se presenta en la siguiente tabla.

Tabla 3 *Inversión requerida*

Concepto	Inversión (MXN)	Porcentaje (%)
Pavimentos	$11,825,795.14	1.11
Estructuras de concreto	$191,905,966.74	18.06
Cimentaciones profundas	$122,028,801.36	11.48
Acero de refuerzo	$154,527,079.50	14.54
Prefabricados, presforzados y accesorios	$123,688,037.14	11.64
Estructuras metálicas	$260,637,036.80	24.53
Obra complementaria	$160,196,201.66	15.07
Drenaje	$4,517,543.10	0.43
Guarniciones y banquetas	$2,899,432.80	0.27
Servicios afectados	$28,068,381.69	2.64
Iluminación	$1,703,964.20	0.16
Mobiliario bajo puente	$682,835.18	0.06
Total	**$1,062,681,075.31**	**100.00**

De acuerdo con la distribución anterior, la mayor proporción de la inversión corresponde a las estructuras metálicas, con **$**260,637,036.80 M.N.**,** equivalentes al 24.53 % del presupuesto total. Le siguen las estructuras de concreto**,** con $191,905,966.74 M.N. (18.06 %), la obra complementaria, con $160,196,201.66 M.N. (15.07 %), y el acero de refuerzo, con $154,527,079.50 M.N. (14.54 %)**.**

Por su parte, las cimentaciones profundas representan 11.48 % de la inversión, mientras que los trabajos de prefabricados, presforzados y accesorios representan 11.64 **%**. Estos conceptos concentran una proporción importante del presupuesto debido a las características estructurales del Puente Carrizal y a los sistemas constructivos previstos para su ejecución. Los conceptos restantes corresponden a pavimentos, drenaje, guarniciones y banquetas, servicios afectados, iluminación y mobiliario bajo puente.

Tabla 4 *inversión requerida por etapa*

Etapa del proyecto	Conceptos considerados	Monto (MXN)
Preparación del sitio	Actividades preliminares necesarias para el desarrollo de los frentes de trabajo, consideradas dentro de los conceptos de obra contratados. El presupuesto consultado no presenta una partida independiente para esta etapa.	Incluidas en el presupuesto de obra
Construcción	Pavimentos, estructuras de concreto, cimentaciones profundas, acero de refuerzo, prefabricados, presforzados y accesorios, estructuras metálicas,	$1,062,681,075.31

Etapa del proyecto	Conceptos considerados	Monto (MXN)
	obra complementaria, drenaje, guarniciones y banquetas, servicios afectados, iluminación y mobiliario bajo puente.	
Medidas de prevención, mitigación y compensación ambiental	Para este tipo de proyecto, y considerando particularmente la presencia del **río Carrizal**, las cimentaciones profundas, excavaciones con sistemas de contención, generación de residuos, movimiento de maquinaria y las actividades de construcción de accesos y estructuras, se estima un presupuesto ambiental equivalente al **2.50 % de la inversión total**.	$26,567,026.88
TOTAL		**$1,062,681,075.31**

1.4.1 Presupuesto estimado para la implementación de medidas ambientales

La inversión total considerada para el **Puente Carrizal** asciende a **$1,062,681,075.31 M.N.** Con base en este monto, se estima un presupuesto de **$26,567,026.88 M.N.** para la implementación de las medidas de prevención, mitigación, compensación, vigilancia y seguimiento ambiental.

Este monto representa aproximadamente **2.50 % de la inversión total del proyecto** y constituye una estimación de referencia para efectos de la presente Manifestación de Impacto Ambiental, por lo que su distribución podrá ajustarse durante la ejecución del proyecto de acuerdo con los requerimientos del Programa de Vigilancia Ambiental, las condicionantes que, en su caso, establezca la autoridad ambiental y las necesidades reales de cada etapa constructiva.

La distribución propuesta es la siguiente:

Tabla 5 *Distribución de la inversión requerida*

No.	Concepto ambiental	Presupuesto estimado (M.N.)	% del presupuesto ambiental
1	Gestión, coordinación y supervisión ambiental	$2,415,184.26	9.09
2	Programa de Vigilancia Ambiental y seguimiento de medidas	$1,738,932.67	6.55
3	Control de polvo, partículas y emisiones atmosféricas	$2,125,362.15	8.00
4	Control de ruido y vibraciones	$1,159,288.45	4.36
5	Manejo integral de residuos sólidos urbanos, manejo especial y peligrosos	$1,738,932.67	6.55
6	Prevención de contaminación y protección del suelo	$2,705,006.37	10.18
7	Protección del río Carrizal, escurrimientos y control de sedimentos	$3,381,257.97	12.73
8	Monitoreo y seguimiento de la calidad del agua	$1,738,932.67	6.55
9	Protección de flora, rescate y, en su caso, reforestación o compensación	$4,347,331.67	16.36
10	Protección y manejo de fauna silvestre	$2,125,362.15	8.00

No.	Concepto ambiental	Presupuesto estimado (M.N.)	% del presupuesto ambiental
11	Capacitación ambiental, señalización y comunicación de medidas	$869,466.33	3.27
12	Prevención y atención de contingencias ambientales	$1,449,110.56	5.45
13	Elaboración de informes, bitácoras y documentación de cumplimiento	$772,858.96	2.91
Total	**Presupuesto ambiental estimado**	**$26,567,026.88**	**100.00**

Inversión total del Puente Carrizal: $1,062,681,075.31 M.N.
Presupuesto ambiental estimado: $26,567,026.88 M.N.
Proporción: 2.50 %

El presupuesto destinado a las medidas ambientales se considera parte de los costos asociados a la ejecución integral del proyecto y no constituye una inversión independiente de la obra. La estimación de $26,567,026.88 M.N. representa aproximadamente el 2.50 % de la inversión total del Puente Carrizal, y se ha determinado con base en las características del proyecto, sus principales fuentes potenciales de impacto y las medidas previstas para prevenir, mitigar, controlar, compensar y vigilar sus efectos sobre el medio ambiente.

La asignación presupuestal comprende las actividades de supervisión y vigilancia ambiental, control de emisiones y ruido, manejo de residuos, protección del suelo y del agua, seguimiento de la calidad del río Carrizal, manejo de flora y fauna, capacitación, prevención de contingencias y documentación del cumplimiento ambiental. Los montos señalados tienen carácter estimativo y de planeación, por lo que podrán ajustarse durante la ejecución de la obra en función de las condiciones encontradas en campo, los resultados del seguimiento ambiental y, en su caso, las medidas adicionales o condicionantes establecidas por la autoridad competente.

1.4.2 Descripción de los principales conceptos

El presupuesto propuesto considera los recursos necesarios para implementar las medidas ambientales durante las etapas de **preparación del sitio, construcción y cierre de obra**, particularmente las siguientes actividades:

1.4.2.1 Gestión, coordinación y supervisión ambiental.

Considera la participación de personal responsable del seguimiento ambiental, supervisión de las medidas establecidas en la MIA-R, recorridos de inspección, elaboración de registros y coordinación con las diferentes áreas responsables de la construcción.

1.4.2.2 Programa de Vigilancia Ambiental.

Incluye la implementación y seguimiento del programa, bitácoras ambientales, listas de verificación, indicadores de cumplimiento, evidencia fotográfica, seguimiento de medidas y elaboración de reportes.

1.4.2.3 Control de emisiones atmosféricas.

Considera riego de superficies, control de polvo en caminos y áreas de trabajo, mantenimiento de maquinaria, medidas para evitar emisiones excesivas y, cuando corresponda, monitoreo de partículas.

1.4.2.4 Control de ruido y vibraciones.

Comprende acciones asociadas con mantenimiento de maquinaria, control de horarios de operación, barreras o dispositivos temporales cuando sean necesarios y seguimiento de niveles sonoros en los sitios de mayor sensibilidad.

1.4.2.5 Manejo de residuos.

Incluye separación, almacenamiento temporal, recolección, transporte y disposición mediante prestadores autorizados de los residuos generados durante la construcción, incluyendo residuos peligrosos derivados del mantenimiento de maquinaria y equipo.

1.4.2.6 Protección del suelo.

Considera medidas para prevenir derrames de combustibles, aceites y otros materiales, áreas de almacenamiento temporal, materiales absorbentes, atención de derrames y recuperación de suelos eventualmente afectados.

1.4.2.7 Protección del río Carrizal y control de sedimentos.

Este concepto adquiere particular importancia debido a la interacción del proyecto con el entorno del río. Incluye medidas para evitar el arrastre de sedimentos, manejo de aguas de excavación, control de escurrimientos, protección de márgenes y prevención de incorporación de materiales, concreto, combustibles u otras sustancias al cuerpo de agua.

1.4.2.8 Monitoreo de calidad del agua.

Considera campañas de seguimiento durante las actividades que pudieran representar riesgo de afectación al río Carrizal, incluyendo muestreos y análisis de parámetros que se definan en el Programa de Vigilancia Ambiental.

1.4.2.9 Flora y reforestación/compensación.

Contempla las actividades que resulten necesarias en función del inventario de vegetación y de las superficies efectivamente afectadas, incluyendo rescate y manejo de ejemplares, mantenimiento de áreas verdes y, en su caso, acciones de reforestación o compensación que determine la autoridad.

1.4.2.10Fauna silvestre.

Incluye acciones de prevención, ahuyentamiento, rescate y reubicación cuando resulte procedente, así como recorridos de vigilancia y capacitación del personal para evitar afectaciones a la fauna.

1.4.2.11Capacitación y señalización ambiental.

Comprende inducciones al personal, capacitación específica sobre residuos, protección del agua, fauna, flora, prevención de derrames y respuesta ante contingencias, así como señalización ambiental dentro de los frentes de obra.

1.4.2.12Contingencias ambientales.

Considera recursos para atender derrames, fugas, incendios, afectaciones accidentales al suelo o agua y otras situaciones ambientales no previstas.

1.4.2.13 Informes y seguimiento.

Incluye la integración documental de las acciones realizadas, reportes de cumplimiento, bitácoras, indicadores y documentación necesaria para demostrar la ejecución de las medidas ambientales.

2. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

2.1. Sustento Legal

El Proyecto Integral “Villahermosa 2030” forma parte de las acciones de infraestructura promovidas por el Gobierno del Estado de Tabasco para fortalecer la movilidad y conectividad de la zona metropolitana de

Villahermosa, mediante la integración de infraestructura vial y de transporte que permita mejorar la comunicación entre los municipios de Centro y Nacajuca.

Dentro de este proyecto integral se contempla la construcción del Puente Carrizal, infraestructura destinada a permitir la continuidad de la red vial mediante el cruce sobre el río Carrizal, complementando funcionalmente las obras correspondientes a la Extensión Paseo Tabasco.

Para efectos de la presente Manifestación de Impacto Ambiental, Modalidad Regional (MIA-R), el análisis corresponde específicamente al componente denominado “Puente Carrizal”, incluyendo las obras permanentes y temporales necesarias para su construcción, así como aquellas obras complementarias que tengan una relación directa con su ejecución y operación.

La evaluación ambiental del proyecto se sustenta en el marco jurídico federal aplicable en materia de equilibrio ecológico, protección ambiental, evaluación del impacto ambiental y aguas nacionales, así como en las disposiciones estatales y municipales que resulten aplicables conforme a la naturaleza y localización de las obras.

2.1.1 Fundamento constitucional y ambiental

El proyecto deberá desarrollarse bajo el marco establecido por el artículo 4°, párrafo quinto, de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, que reconoce el derecho de toda persona a un medio ambiente sano para su desarrollo y bienestar.

En concordancia con dicho mandato constitucional, la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA) establece las bases para la preservación y restauración del equilibrio ecológico y la protección del ambiente. Su artículo 1° señala, entre otros objetivos, garantizar el derecho de toda persona a vivir en un medio ambiente sano, preservar y mejorar el ambiente, proteger la biodiversidad y promover el aprovechamiento sustentable de los recursos naturales.

Asimismo, la LGEEPA establece la distribución de competencias entre la Federación, las entidades federativas y los municipios. En particular, corresponde a la Federación la evaluación del impacto ambiental de las obras o actividades a que se refiere el artículo 28 de la propia Ley y, en su caso, la expedición de las autorizaciones correspondientes.

En este contexto, la presente Manifestación de Impacto Ambiental constituye el instrumento técnico mediante el cual la promovente somete a consideración de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) la información relativa al proyecto, sus posibles efectos sobre el ambiente y las medidas propuestas para prevenir, mitigar, restaurar y, en su caso, compensar los impactos ambientales que pudieran generarse.

2.1.2 Procedencia de la evaluación federal en materia de impacto ambiental

El artículo 28 de la LGEEPA establece que quienes pretendan llevar a cabo las obras o actividades señaladas en dicho precepto deberán obtener previamente la autorización en materia de impacto ambiental de la Secretaría. Entre dichas actividades se encuentran, en su fracción I, las:

"Obras hidráulicas, vías generales de comunicación, oleoductos, gasoductos, carboductos y poliductos".

Asimismo, la fracción X del artículo 28 establece expresamente la procedencia de la evaluación ambiental federal para:

"Obras y actividades en humedales, ecosistemas costeros, lagunas, ríos, lagos y esteros conectados con el mar, así como en sus litorales o zonas federales."

Para el caso particular del Puente Carrizal, la fracción X constituye un fundamento directamente relacionado con las características del proyecto, toda vez que se contempla la construcción de una estructura nueva para el cruce del río Carrizal, incluyendo cimentaciones profundas, apoyos, elementos de concreto, superestructura, accesos y obras complementarias que se desarrollarán en el entorno inmediato del cauce.

En consecuencia, la presente MIA-R somete a evaluación los posibles efectos ambientales derivados de la interacción de las obras con el sistema hídrico y los componentes ambientales asociados al río Carrizal, sin asumir que la construcción del puente implique por sí misma una modificación o entubamiento del cauce.

Por su parte, la fracción I del artículo 28 de la LGEEPA resulta relevante en cuanto al régimen jurídico que corresponda a la infraestructura vial del proyecto. La aplicación concreta de este supuesto deberá atender a la naturaleza jurídica de la infraestructura y a las competencias que correspondan, sin que la presente MIA-R atribuya por sí misma al proyecto la condición de vía general de comunicación federal cuando ésta no se encuentre acreditada documentalmente.

2.1.3 Aplicación del Reglamento de la LGEEPA en materia de Evaluación del Impacto Ambiental

El Reglamento de la LGEEPA en materia de Evaluación del Impacto Ambiental desarrolla los supuestos establecidos en el artículo 28 de la Ley y establece las obras y actividades que requieren previamente autorización en materia de impacto ambiental.

El artículo 5, inciso A) Hidráulicas, contempla diversos supuestos relacionados con cuerpos de aguas nacionales, entre ellos el depósito o relleno con materiales para ganar terreno a cuerpos de aguas nacionales, el drenaje y desecación de cuerpos de aguas nacionales, la modificación o entubamiento de

cauces de corrientes permanentes de aguas nacionales y las obras de dragado de cuerpos de agua nacionales.

Por su parte, el inciso B) Vías Generales de Comunicación contempla la construcción de:

“carreteras, autopistas, puentes o túneles federales vehiculares o ferroviarios…”

cuando se actualicen las condiciones ambientales previstas en el propio Reglamento, entre ellas la afectación de cuerpos de agua nacionales.

En el caso del Puente Carrizal, la procedencia de la evaluación ambiental se sustenta principalmente en la interacción de la obra con el río Carrizal, en términos del artículo 28, fracción X, de la LGEEPA. La aplicación del supuesto relativo a puentes federales previsto en el inciso B del artículo 5 del Reglamento quedará sujeta a la acreditación de la naturaleza jurídica federal de la infraestructura, en caso de que ésta corresponda.

Por lo anterior, la presente MIA-R analiza integralmente las actividades de construcción que puedan tener incidencia sobre el cauce, sus márgenes, las condiciones hidrológicas e hidráulicas y los demás componentes ambientales relacionados con el proyecto.

2.1.4 Características del proyecto sujeto a evaluación

El componente objeto de la presente MIA-R corresponde a la construcción del Puente Carrizal, ubicado en la zona de conexión de la infraestructura vial existente en el área de Avenida Paseo Tabasco y el Periférico Carlos Pellicer Cámara, con continuidad hacia la zona de Real de Bosques de Saloya, en los municipios de Centro y Nacajuca, Tabasco.

La solución contempla un conjunto integrado por viaducto, rampas, accesos y ramales, cuya ejecución requiere cimentaciones profundas y elementos estructurales de concreto y acero, así como pavimentos, drenaje, guarniciones y banquetas, iluminación, mobiliario y obras complementarias.

De acuerdo con la información técnica disponible, el viaducto correspondiente al cruce del cauce presenta una longitud aproximada de 240 m, mientras que el conjunto conformado por viaducto, rampas y elementos asociados alcanza aproximadamente 580 m.

La solución estructural contempla cimentaciones profundas mediante pilotes perforados ejecutados in situ, además de encepados, pilas, columnas, cabezales, estribos y elementos de superestructura.

Estas características determinan que la evaluación ambiental deba considerar tanto la estructura permanente como las actividades temporales necesarias para su construcción, incluyendo la habilitación de accesos y plataformas de trabajo, excavaciones, sistemas de contención, perforación y construcción de pilotes, manejo de materiales, utilización de maquinaria, manejo de aguas y escurrimientos y las medidas destinadas a prevenir afectaciones al cauce y su entorno.

2.1.5 Interacción del proyecto con el río Carrizal

La interacción con el río Carrizal constituye uno de los elementos centrales para la evaluación ambiental del proyecto.

La Ley de Aguas Nacionales establece que la autoridad y administración en materia de aguas nacionales y de sus bienes públicos inherentes corresponde al Ejecutivo Federal, quien las ejerce directamente o a través de la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA).

La propia Ley define la ribera o zona federal como las fajas contiguas al cauce de las corrientes o al vaso de los depósitos de propiedad nacional, cuya delimitación se realiza conforme a los criterios establecidos en dicho ordenamiento.

Asimismo, la Ley de Aguas Nacionales reconoce como bienes sujetos al régimen federal los cauces de las corrientes de aguas nacionales y las riberas o zonas federales contiguas a éstos.

En consecuencia, para efectos de la presente MIA-R, se reconoce la interacción del proyecto con el río Carrizal y, en su caso, con la zona federal que resulte oficialmente delimitada, sin asumir anticipadamente la superficie o extensión de dicha zona federal.

La delimitación específica del cauce y de la zona federal deberá atender, en su caso, a la información técnica y a los actos administrativos que correspondan a la autoridad del agua.

Por lo anterior, la ejecución del proyecto deberá considerar las autorizaciones, permisos, concesiones u otros actos administrativos que, en materia de aguas nacionales y bienes públicos inherentes, resulten aplicables ante la autoridad competente.

2.1.6 Procedencia de la Modalidad Regional

El Reglamento de la LGEEPA en materia de Evaluación del Impacto Ambiental establece en su artículo 10 que las Manifestaciones de Impacto Ambiental podrán presentarse en modalidad Regional o Particular.

El artículo 11 establece los supuestos en los que corresponde la modalidad regional, incluyendo proyectos que alteren cuencas hidrológicas, conjuntos de proyectos que pretendan realizarse en una región ecológica determinada y aquellos que, por su interacción con diferentes componentes ambientales regionales, puedan generar impactos acumulativos, sinérgicos o residuales que pudieran ocasionar la destrucción, aislamiento o fragmentación de los ecosistemas.

En el caso del Puente Carrizal, la selección de la Modalidad Regional permite abordar el proyecto considerando su relación con el sistema hidrológico regional y con los componentes ambientales asociados al río Carrizal, así como las interacciones entre la infraestructura propuesta, el cauce, las márgenes, el medio terrestre y la infraestructura urbana existente.

En consecuencia, la presente MIA-R no limita el análisis al área de desplante de la estructura, sino que considera el Sistema Ambiental Regional y el área de influencia que resulten técnicamente procedentes, con el objeto de identificar y evaluar los impactos directos, acumulativos, sinérgicos y residuales asociados al proyecto.

Esta aproximación es congruente con el contenido establecido en el artículo 13 del Reglamento, que requiere para la modalidad regional, entre otros elementos, la descripción del sistema ambiental regional, la identificación y evaluación de impactos acumulativos y residuales, las estrategias para su prevención y mitigación y los pronósticos ambientales regionales.

2.1.7 Alcance de la presente Manifestación de Impacto Ambiental

La presente MIA-R comprende las obras y actividades necesarias para la construcción y operación del Puente Carrizal, incluyendo, de manera enunciativa:

- preparación del sitio y delimitación de áreas de trabajo;
- trazo y nivelación;
- limpieza y remociones;
- habilitación de accesos y plataformas temporales;
- protección y, en su caso, reubicación de servicios afectados;
- ejecución de cimentaciones profundas;
- perforación y construcción de pilotes;
- construcción de encepados;
- construcción de pilas, columnas y cabezales;
- construcción de estribos y elementos de transición;
- colocación de elementos prefabricados y presforzados;
- ejecución de estructuras metálicas;
- construcción de pavimentos;



- obras de drenaje;
- guarniciones y banquetas;
- iluminación;
- mobiliario y obras complementarias; y
- limpieza, retiro de instalaciones provisionales y puesta en operación.

De igual manera, se consideran las actividades temporales asociadas con la construcción y sus posibles efectos sobre los componentes agua, suelo, aire, flora, fauna, paisaje y medio socioeconómico, así como las interacciones con la infraestructura y servicios existentes.

2.1.8 Relación con la Extensión Paseo Tabasco

El Puente Carrizal forma parte del mismo Proyecto Integral "Villahermosa 2030" al que pertenece la Extensión Paseo Tabasco; sin embargo, ambos componentes han sido diferenciados para efectos de su gestión y evaluación ambiental.

La Extensión Paseo Tabasco, correspondiente al tramo comprendido entre los cadenamientos 0+000 y 1+530, fue objeto de un procedimiento independiente de Solicitud de Exención de la Presentación de la Manifestación de Impacto Ambiental.

Por su parte, el Puente Carrizal se somete mediante la presente MIA-R al procedimiento de evaluación de impacto ambiental, atendiendo a sus características particulares y, especialmente, a su interacción con el río Carrizal.

Esta diferenciación no implica considerar que ambos componentes sean proyectos independientes desde el punto de vista funcional, sino establecer con precisión el alcance de los instrumentos ambientales aplicables a cada componente.

En consecuencia, la presente MIA-R no incorpora nuevamente como parte del Puente Carrizal las superficies, actividades o conceptos de obra que correspondan exclusivamente a la Extensión Paseo Tabasco y que fueron considerados en el procedimiento de exención.

Únicamente deberán incorporarse aquellas áreas, actividades o elementos de transición que, de acuerdo con el proyecto ejecutivo, tengan una relación directa con las obras objeto de esta MIA-R y resulten necesarios para su construcción, operación o adecuada integración.

De esta manera se mantiene la congruencia entre ambos instrumentos ambientales, evitando la duplicidad en la evaluación de superficies, actividades, impactos y medidas ambientales, sin dejar fuera las interacciones que efectivamente correspondan al Puente Carrizal.



2.1.9 Consideraciones en materia de aguas nacionales

La presentación de la presente MIA-R y, en su caso, la autorización que emita la SEMARNAT en materia de impacto ambiental, no sustituye las autorizaciones, permisos, concesiones u otros actos administrativos que correspondan en materia de aguas nacionales y bienes públicos inherentes.

La Ley de Aguas Nacionales establece que la administración de las aguas nacionales y de sus bienes públicos inherentes corresponde al Ejecutivo Federal, directamente o a través de la CONAGUA.

Asimismo, la Ley considera de utilidad pública la protección, conservación y restauración de cuencas hidrológicas, acuíferos, cauces y zonas federales, así como la infraestructura relacionada con las obras hidráulicas y los servicios respectivos.

Por lo anterior, la promovente deberá realizar, ante la autoridad competente, las gestiones que correspondan para determinar y, en su caso, obtener las autorizaciones necesarias respecto de las obras que incidan sobre el cauce, la ribera o zona federal y demás bienes nacionales asociados al río Carrizal.

En particular, la delimitación oficial del cauce y zona federal, cuando resulte necesaria, deberá sustentarse en los estudios y procedimientos correspondientes ante la autoridad del agua, evitando asumir en la presente MIA una superficie de zona federal que no haya sido oficialmente determinada.

El presente apartado establece de manera general el marco jurídico aplicable al proyecto “Puente Carrizal” y los fundamentos que sustentan su sometimiento al procedimiento de evaluación del impacto ambiental. Las disposiciones legales, reglamentarias, normativas y administrativas relacionadas con las características particulares del proyecto serán desarrolladas y analizadas con mayor detalle en el apartado de Vinculación con los instrumentos jurídicos aplicables, en el cual se establecerá la correspondencia del proyecto con cada uno de los ordenamientos, normas, programas e instrumentos de planeación que resulten aplicables, así como con las disposiciones específicas en materia de protección ambiental, aguas nacionales, ordenamiento ecológico, biodiversidad, residuos, emisiones y demás materias relacionadas con su ejecución.

2.2. Información general del proyecto

El **Proyecto Integral Villahermosa 2030** constituye una estrategia de infraestructura orientada al mejoramiento de la movilidad y de la conectividad vial en la zona metropolitana de Villahermosa, Tabasco, mediante la ejecución de obras destinadas a fortalecer la continuidad de los principales corredores viales y mejorar las condiciones de circulación entre las zonas urbanas y suburbanas de la región.

Dentro de este proyecto integral se contempla la ejecución del **Puente Carrizal**, infraestructura vial destinada a establecer una conexión sobre el río Carrizal entre el entorno de la **Avenida Paseo Tabasco y el Periférico Carlos Pellicer Cámara**, en el municipio de Centro, y la zona de **Real de Bosques de Saloya**, en el municipio de Nacajuca, Tabasco. El proyecto se desarrolla sobre una planicie aluvial de baja pendiente y tiene como condicionante física principal la presencia del río Carrizal, por lo que su diseño y procedimiento constructivo consideran las condiciones geotécnicas, hidráulicas y de estabilidad de las márgenes.

El Puente Carrizal forma parte de una solución integral de movilidad que comprende la estructura destinada a salvar el cauce, sus apoyos y cimentaciones, rampas y accesos, ramales de conexión, pavimentos, drenaje pluvial, banquetas, guarniciones, alumbrado, señalamiento, dispositivos de seguridad, obras complementarias y las acciones necesarias para la protección, reubicación o restitución de servicios e infraestructura existente que interfieran con la ejecución de las obras.

De acuerdo con la información técnica disponible, el conjunto del Puente Carrizal contempla una longitud aproximada del orden de **580 m**, con un ancho máximo aproximado de **21.60 m**. Dentro de este conjunto se identifica el viaducto correspondiente al cruce del río Carrizal, cuya longitud aproximada es de **240 m**. La documentación técnica considera una solución estructural integrada por cinco vanos, con un claro central de mayor longitud y claros laterales de menores dimensiones.

La configuración funcional del puente contempla dos carriles vehiculares centrales por sentido, carriles laterales destinados a las conexiones con el Periférico Carlos Pellicer Cámara, un camellón central, elementos de protección, banquetas laterales y una pasarela peatonal bajo el puente en la zona correspondiente al cruce principal. La sección transversal presenta variaciones a lo largo del proyecto, alcanzando un ancho máximo aproximado de 21.60 m.

Como antecedente del **Proyecto Integral Villahermosa 2030** se encuentra la **Extensión Paseo Tabasco**, componente que fue objeto de un procedimiento de exención en materia de evaluación del impacto ambiental. El tramo previamente atendido corresponde a la prolongación de la Avenida Paseo Tabasco y constituye un antecedente administrativo y ambiental del proyecto integral.

2.2.1 Naturaleza del proyecto

El proyecto corresponde a la construcción de **infraestructura vial de conexión**, constituida principalmente por un puente sobre el río Carrizal, sus rampas de acceso, estructuras complementarias y las obras necesarias para su integración con la vialidad existente.

El Puente Carrizal constituye una estructura elevada que permite mantener la continuidad de la circulación vial entre ambas márgenes del río. Su solución contempla una combinación de superestructura, subestructura, cimentaciones profundas, accesos terrestres y obras complementarias.



De acuerdo con la información técnica disponible, el conjunto del Puente Carrizal contempla aproximadamente **580 m**, con un ancho máximo aproximado de **21.60 m**. Dentro de este conjunto debe distinguirse el viaducto propiamente dicho sobre el cauce del río Carrizal, con una longitud aproximada de **240 m**, comprendida entre los puntos de referencia establecidos en la documentación técnica del proyecto.

La solución estructural considera cinco vanos y una configuración de apoyos identificados como **E1, P1, P2, P3, P4 y E2**, correspondientes a los estribos extremos y apoyos intermedios. La estructura contempla un claro central de aproximadamente 90–100 m y claros laterales del orden de 65–75 m, con variaciones en los vanos extremos.

2.2.2 Componentes principales del proyecto

Para efectos de su descripción y evaluación ambiental, el Puente Carrizal se integra por los siguientes componentes:

- Cimentaciones profundas, mediante pilotes perforados ejecutados in situ.
- Encepados para la integración estructural de los grupos de pilotes.
- Pilas, columnas y cabezales correspondientes a los apoyos intermedios.
- Estribos de concreto tipo hueco en los extremos.
- Superestructura tipo cajón de concreto de canto variable.
- Elementos de acero de refuerzo.
- Elementos prefabricados y/o presforzados.
- Estructuras metálicas previstas por el proyecto.
- Rampas y accesos.
- Terraplenes y rellenos estructurales.
- Muros y sistemas de contención.
- Pavimentos.
- Drenaje pluvial.
- Guarniciones y banquetas.
- Alumbrado público.
- Señalización horizontal y vertical.
- Dispositivos de seguridad vial.
- Mobiliario y obras complementarias.
- Obras inducidas y manejo de servicios afectados.

La construcción del proyecto requerirá actividades de preparación del sitio, construcción de cimentaciones, ejecución de elementos estructurales, montaje de elementos prefabricados y metálicos, construcción de accesos y pavimentos, instalación de servicios y ejecución de obras complementarias.



2.2.3 Superestructura

La superestructura del Puente Carrizal está constituida por un tablero tipo cajón de concreto estructural, cuya ejecución se realizará mediante un procedimiento de avance sucesivo por dovelas.

El canto del tablero se incrementa en las proximidades de los apoyos, donde se presentan mayores solicitaciones estructurales, y disminuye hacia las zonas centrales de los vanos. Esta configuración permite distribuir las cargas hacia los apoyos y optimizar la solución estructural.

La sección transversal integra los carriles vehiculares, carriles laterales de conexión, camellón central, banquetas, guarniciones y elementos de protección.

Asimismo, el tablero contará con una pendiente transversal aproximada del 2 %, orientada hacia el sistema de captación pluvial, con la finalidad de conducir los escurrimientos superficiales y evitar acumulaciones de agua sobre la superficie de rodamiento.

2.2.4 Procedimiento constructivo

La construcción del Puente Carrizal se desarrollará mediante una secuencia de actividades que permitirá ejecutar progresivamente las cimentaciones, subestructura, superestructura, accesos y obras complementarias.

De manera general, el procedimiento comprende las siguientes etapas:

2.2.5 Preparación del sitio

La preparación del sitio comprende:

- delimitación y señalización de las áreas de trabajo;
- trazo y nivelación;
- limpieza y remociones;
- habilitación de accesos;
- preparación de plataformas de trabajo;
- instalación de señalamiento preventivo;
- protección de infraestructura existente;
- protección, reubicación o restitución de servicios afectados.

Estas actividades tienen como finalidad liberar y acondicionar las áreas necesarias para establecer los diferentes frentes de construcción.



2.2.6 Cimentaciones profundas

Las cimentaciones se ejecutarán mediante pilotes perforados construidos in situ.

El procedimiento general comprende:

1. preparación y nivelación de la plataforma;
2. replanteo de los puntos de cimentación;
3. posicionamiento del equipo de perforación;
4. perforación del terreno;
5. colocación de la armadura de acero;
6. colocación del concreto;
7. ejecución y control de calidad de los pilotes;
8. construcción de los encepados;
9. ejecución de las pilas y elementos superiores de la subestructura.

La utilización de cimentación profunda responde a las condiciones geotécnicas e hidráulicas identificadas en el sitio.

2.2.7 Excavaciones y sistemas de contención

Las excavaciones requeridas para la construcción de encepados, estribos y otros elementos de cimentación se resolverán de acuerdo con las condiciones particulares de cada frente.

En sectores ubicados fuera de la influencia directa del cauce y del nivel hidráulico del río se establece como criterio general la ejecución de excavaciones mediante taludes con pendiente máxima de 2H:1V.

Las excavaciones deberán desarrollarse progresivamente y acompañarse de medidas para controlar los escurrimientos superficiales y evitar el ingreso de agua proveniente de precipitaciones.

En las zonas próximas a la margen del río, donde las condiciones de espacio y carga hidráulica no permitan ejecutar taludes abiertos, se contempla la utilización de tablestacado como sistema temporal de contención.

Para el apoyo P3 se plantea específicamente un sistema de perfiles metálicos verticales hincados y elementos prefabricados de concreto colocados entre perfiles, permitiendo contener el terreno y ejecutar la excavación de manera controlada.

2.2.8 Construcción de la subestructura

La subestructura estará constituida por las pilas intermedias y los estribos extremos.

Una vez concluidos los pilotes y encepados se procederá a la construcción de:

- pilas;
- columnas;
- cabezales;
- estribos;
- elementos de transición;
- elementos de apoyo de la superestructura.

Los estribos serán de concreto tipo hueco y, además de transmitir las cargas hacia la cimentación, funcionarán como elementos de contención de los rellenos correspondientes a las zonas de acceso.

2.2.9 Construcción de la superestructura

La construcción de la superestructura se realizará de manera progresiva.

El procedimiento contempla inicialmente la ejecución de los claros extremos mediante cimbra al suelo y/o carro de avance, dependiendo de las condiciones de espacio disponibles.

Una vez ejecutados los claros adyacentes al río, se iniciará la construcción del claro central mediante carro de avance y dovelas de concreto, avanzando progresivamente desde los apoyos hasta completar el vano central.

Este procedimiento permite ejecutar el tablero sobre el cauce sin requerir, de acuerdo con la solución descrita en la documentación técnica, una estructura auxiliar continua de apoyo bajo todo el claro central.

En las zonas correspondientes a ramales en curva se contempla el empleo de cimbra al suelo, mientras que determinados elementos de las rampas se ejecutarán mediante vigas cajón prefabricadas montadas con grúa, conforme a la solución descrita en la Memoria Descriptiva.

2.2.10 Trabajos en el entorno del río Carrizal

Debido a que el puente cruza el río Carrizal, la construcción de las cimentaciones y apoyos requiere considerar las condiciones hidráulicas, geotécnicas y de estabilidad de las márgenes.

Los trabajos relacionados con el cauce y sus márgenes comprenden principalmente:

- habilitación de las áreas de trabajo;
- construcción de cimentaciones;
- ejecución de apoyos;
- excavaciones localizadas;
- instalación temporal de sistemas de contención;
- ejecución de la superestructura;
- retiro de instalaciones temporales.

En las márgenes donde se requieran excavaciones verticales se utilizará tablestacado como sistema de contención, con el objetivo de mantener la estabilidad del terreno y reducir la interacción directa de las excavaciones con el cauce.

2.2.11 Accesos, rampas y terracerías

Los accesos al puente se resolverán mediante terraplenes, rellenos estructurales, rampas y elementos de contención.

Los terraplenes serán conformados mediante capas de material compactado hasta alcanzar las cotas necesarias para establecer la transición entre la vialidad existente y la estructura elevada.

El procedimiento contempla:

- preparación de la superficie;
- colocación de material;
- extendido;
- humectación cuando corresponda;
- compactación por capas;
- conformación de taludes;
- construcción de muros;
- conformación de la transición;
- pavimentación.

Los rellenos trabajarán conjuntamente con los estribos de concreto y los sistemas de contención para proporcionar continuidad estructural y funcional entre los accesos y el tablero.

2.2.12 Obras complementarias

Una vez concluida la estructura principal se ejecutarán las obras necesarias para su integración funcional con la red vial existente.

Entre estas actividades se consideran:

- drenaje pluvial;
- pavimentos;
- guarniciones;
- banquetas;
- señalización;
- alumbrado;
- dispositivos de seguridad;
- mobiliario;
- obras de integración vial;
- protección y restitución de servicios afectados;
- limpieza general;
- retiro de instalaciones provisionales.

El sistema de drenaje aprovechará la pendiente transversal del tablero para conducir los escurrimientos hacia los elementos de captación y desalojo previstos.

2.2.13 Obras provisionales

Para permitir la ejecución de las diferentes etapas será necesario habilitar áreas temporales de trabajo, cuya ubicación y superficie deberán definirse en el plano correspondiente de instalaciones provisionales.

Estas podrán comprender, según las necesidades del proceso constructivo:

- plataformas de trabajo;
- accesos provisionales;
- áreas de maniobra;
- zonas para colocación de maquinaria;
- áreas de almacenamiento temporal de materiales;
- instalaciones temporales para trabajadores;
- áreas de habilitado de acero;
- zonas para montaje;
- sistemas temporales de contención;



- áreas de circulación interna.

Las superficies temporales deberán delimitarse físicamente y mantenerse dentro del polígono autorizado. Al finalizar la construcción, las instalaciones y elementos provisionales deberán retirarse y las superficies que no formen parte de las obras permanentes deberán ser objeto de limpieza, estabilización y, cuando corresponda, restauración.

2.2.14 Superficies de intervención

Para efectos de la presente MIA-R se cuenta con un **polígono de construcción de 26,044.0324 m²**, equivalente a **2.6044 ha**, correspondiente al área considerada para el desarrollo del componente Puente Carrizal.

Como referencia geométrica, los planos muestran:

- sección de **21.60 m** entre aproximadamente PK 1+820 y PK 2+160;
- sección de **15.60 m** entre aproximadamente PK 2+160 y PK 2+400.

Esta superficie deberá diferenciarse de la ocupación permanente y temporal, debido a que el polígono de construcción comprende las áreas necesarias para desarrollar los diferentes frentes de obra y no representa por sí mismo la superficie que quedará ocupada de manera permanente.

2.3. Planos y Superficies de Intervención

2.3.1 Planos de referencia

Para la descripción de las áreas de intervención se consideran principalmente:

- **VSA-PE-T1-TRZ-PLA-PTE_1.8-0001-E00**, “Planta y Perfil Puente Carrizal”.
- **VSA-PE-T1-TRZ-PLA-PTE_1.8-0002-E00**, “Planta y Secciones Transversales Puente Carrizal”.
- **VSA-PE-T1-GEN-MD-E03**, Memoria Descriptiva.

El plano 0001 presenta la planta general y el perfil longitudinal, identificando los apoyos E1, P1, P2, P3, P4 y E2, mientras que el plano 0002 presenta las secciones transversales del puente y las diferentes configuraciones de la sección vial.

La planta muestra la conexión de la estructura con las vialidades existentes y los ramales hacia el Periférico Carlos Pellicer Cámara. Las secciones permiten distinguir las zonas de estructura elevada, rampas y tramos en terraplén.



2.4. Calendario de Obra

El Puente Carrizal tiene una duración considerada de **16 meses**. El programa contempla actividades superpuestas y diferentes frentes de trabajo, de manera que las cimentaciones, estructuras, obras complementarias, drenaje, pavimentos e instalaciones puedan desarrollarse de manera coordinada.

El programa específico desarrollado para la MIA-R, con base en el programa general de obra, establece la siguiente secuencia:

Tabla 6 *Etapas de la obra*

Etapa	Duración
Estudios preliminares	5 meses
Preparación del sitio	7 meses
Cimentaciones profundas	6 meses
Estructuras de concreto	8 meses
Acero de refuerzo	9 meses
Prefabricados y presforzados	3 meses
Estructuras metálicas	2 meses
Obras complementarias	2 meses
Drenaje	3 meses
Guarniciones y banquetas	2 meses
Pavimentos	2 meses
Iluminación	2 meses
Mobiliario y urbanización	2 meses
Cierre y puesta en operación	1 mes

2.5. Maquinaria y Equipo

La documentación técnica identifica las actividades constructivas, pero **no contiene un catálogo cerrado de maquinaria con cantidades y modelos**. Por ello, para la MIA-R recomiendo manejar la siguiente relación como **maquinaria y equipo requerido/previsible para ejecutar las actividades descritas**, y posteriormente cruzarla con el catálogo contractual de maquinaria.

Tabla 7 *Requerimiento de Equipo y Herramienta*

Actividad	Maquinaria/equipo requerido
Trazo y nivelación	Estación total, GNSS, nivel automático, vehículo de apoyo
Limpieza y remociones	Excavadora, retroexcavadora, cargador frontal, camiones de volteo
Preparación de plataformas	Excavadora, bulldozer, motoconformadora, compactador, camión cisterna
Terracerías	Excavadora, cargador, motoconformadora, compactador, camiones de volteo
Excavaciones	Excavadora hidráulica, retroexcavadora, camiones de volteo

Actividad	Maquinaria/equipo requerido
Pilotes perforados	Perforadora para pilotes, grúa, equipo de perforación, bomba de concreto
Acero de pilotes	Grúa, equipo de habilitado y corte de acero
Concreto	Camiones revolvedores, bomba de concreto, vibradores
Encepados	Excavadora, grúa, bomba de concreto, vibradores
Pilas y cabezales	Grúa, cimbra, bomba de concreto, vibradores
Tablestacado	Grúa, martillo vibratorio o de impacto, equipo de izaje
Dovelas del tablero	Carro de avance, grúa y equipo de concreto
Rampas	Grúa, equipo de izaje, camiones y maquinaria de terracerías
Elementos prefabricados	Grúa de gran capacidad, camiones de transporte
Estructuras metálicas	Grúa, plataformas, equipos de soldadura y herramientas de montaje
Pavimentos	Motoconformadora, compactador, pavimentadora, camiones
Drenaje	Excavadora, retroexcavadora, compactador y equipo de bombeo
Banquetas y guarniciones	Revolvedora, bomba de concreto, cortadora y vibradores
Alumbrado	Grúa, plataforma elevadora, equipo de perforación y herramientas
Servicios afectados	Excavadora, retroexcavadora, equipo de izaje y herramientas especializadas

2.6. ubicación física

El **Puente Carrizal** se localiza en el estado de **Tabasco**, dentro del ámbito territorial de los municipios de **Centro y Nacajuca**.

El proyecto se desarrolla en el entorno del río Carrizal, estableciendo la conexión entre la zona correspondiente a la **Avenida Paseo Tabasco y el Periférico Carlos Pellicer Cámara**, en el municipio de Centro, y el sector correspondiente a **Real de Bosques de Saloya**, en el municipio de Nacajuca.

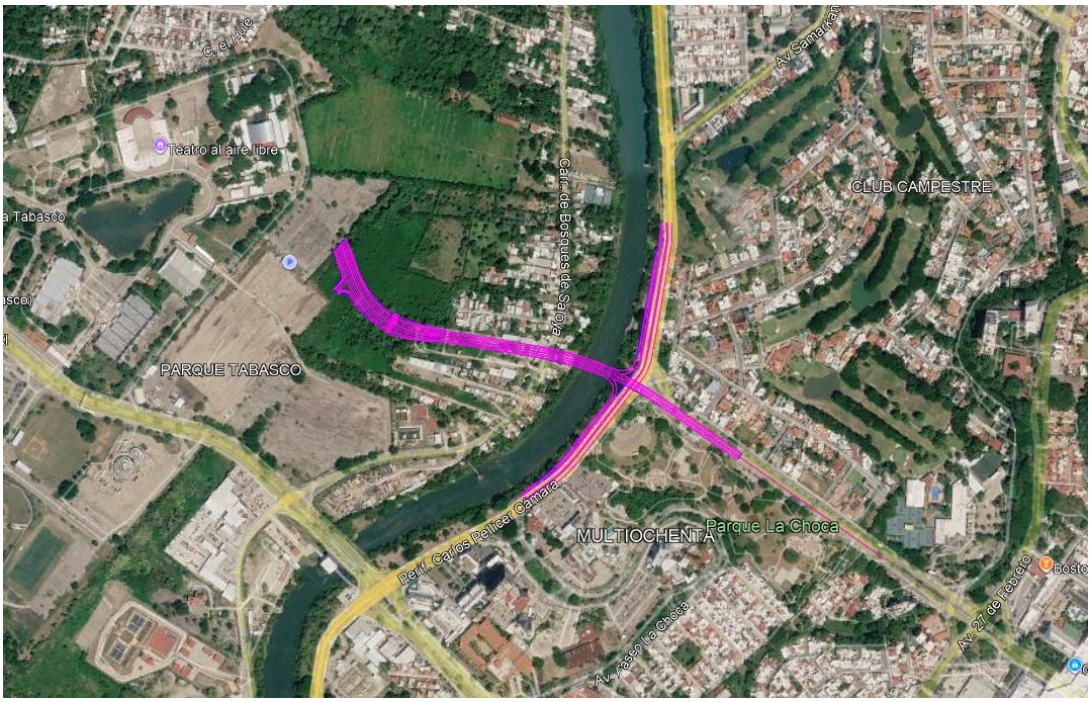


Imagen 3 *Ubicación del Proyecto Integral Villahermosa 2030.*

Tabla 8 *Coordenadas del proyecto*

Punto	Estación	X / Este (m)	Y / Norte (m)	Observación
PC	1+530.000	504305.5322	1991115.6406	PT / inicio
PC	1+592.950	504328.4092	1991056.9946	PC
PI	1+693.506	504464.1674	1990946.9414	PI
PC	2+001.591	504684.5297	1990910.5778	PC
PI	2+133.018	504921.9871	1990813.9730	PI
PC	2+407.000	505042.4750	1990729.9024	PC / fin de eje

Las coordenadas anteriores corresponden a una referencia aproximada del emplazamiento del proyecto; para efectos de delimitación ambiental y cartográfica, la ubicación definitiva deberá sustentarse en el cuadro de construcción y en la información topográfica y geométrica del proyecto ejecutivo.

El proyecto se encuentra dentro de una zona predominantemente urbana y periurbana, caracterizada por la presencia de infraestructura vial existente, asentamientos urbanos, servicios y obras de infraestructura hidráulica y de comunicaciones.

El proyecto presenta una condición territorial particular debido a que la infraestructura se desarrolla en ambos márgenes del río Carrizal, por lo que su área de influencia inmediata comprende superficies correspondientes a los municipios de Centro y Nacajuca.

La distribución territorial deberá ser precisada mediante la delimitación del polígono del proyecto, identificando las superficies correspondientes a cada municipio y las áreas de ocupación temporal y permanente que resulten necesarias para la ejecución de las obras.

2.7. Naturaleza del proyecto

El proyecto corresponde a la construcción de **infraestructura vial de conexión**, constituida principalmente por un puente sobre el río Carrizal, sus rampas de acceso, estructuras complementarias y las obras necesarias para su integración con la vialidad existente.

De acuerdo con la información técnica disponible, el conjunto del Puente Carrizal contempla aproximadamente **580 m de viaducto y rampas**, con un ancho máximo aproximado de **21.60 m**.

Dentro de este conjunto debe distinguirse el **viaducto propiamente dicho sobre el cauce del río Carrizal**, cuya longitud aproximada es de **240 m**, comprendida entre los puntos de referencia establecidos en la documentación técnica del proyecto. Esta estructura considera un claro central de aproximadamente **100 m** y dos claros laterales de aproximadamente **70 m cada uno**.

Adicionalmente, el proyecto contempla ramales laterales y elementos de conexión vial, con longitudes aproximadas que deberán ser precisadas conforme al proyecto ejecutivo definitivo.

La solución estructural considera el empleo de:

- cimentaciones profundas;
- pilotes perforados ejecutados en sitio;
- encepados;
- pilas, columnas y cabezales;
- estribos y elementos de transición;
- elementos de superestructura;
- estructuras de concreto;
- acero de refuerzo;
- elementos prefabricados y/o presforzados;
- estructuras metálicas;
- pavimentos;
- drenaje;



- guarniciones y banquetas;
- iluminación;
- mobiliario;
- obras complementarias; y
- obras de protección y manejo de servicios afectados.

La construcción del proyecto requerirá actividades de preparación del sitio, construcción de cimentaciones, ejecución de elementos estructurales, montaje de elementos prefabricados y metálicos, construcción de accesos y pavimentos, instalación de servicios y ejecución de obras complementarias.

2.7.1 Objetivo del proyecto

El objetivo principal del **Puente Carrizal** es proporcionar una conexión vial que permita mejorar la continuidad de la red de movilidad en el entorno metropolitano de Villahermosa, particularmente entre los sectores ubicados en ambos márgenes del río Carrizal.

La infraestructura permitirá integrar el sistema vial existente con las nuevas conexiones previstas dentro del **Proyecto Integral Villahermosa 2030**, fortaleciendo la conectividad entre la zona de Paseo Tabasco–Periférico Carlos Pellicer Cámara y el sector de Real de Bosques de Saloya.

Desde el punto de vista funcional, el proyecto busca:

- establecer una conexión vial sobre el río Carrizal;
- mejorar la continuidad de la infraestructura vial existente;
- favorecer la conectividad entre los municipios de Centro y Nacajuca;
- proporcionar una infraestructura adecuada para la circulación vehicular;
- integrar el puente con las vialidades existentes y proyectadas;
- mejorar las condiciones de movilidad en el área de influencia del proyecto; y
- complementar las acciones de infraestructura previstas dentro del Proyecto Integral Villahermosa 2030.

2.7.2 Justificación del proyecto

La construcción del Puente Carrizal responde a la necesidad de fortalecer la conectividad vial entre los sectores urbanos ubicados en ambos márgenes del río Carrizal.

La configuración territorial de la zona de Villahermosa y su crecimiento urbano han generado la necesidad de contar con infraestructura que permita establecer conexiones transversales y mejorar la integración de la red vial.

En este contexto, el proyecto representa un elemento de conexión dentro de una estrategia de infraestructura de mayor escala, al vincular la zona de Paseo Tabasco y el Periférico Carlos Pellicer Cámara con el sector de Real de Bosques de Saloya.

La justificación técnica, urbana y de movilidad del proyecto deberá complementarse con los estudios de tránsito, movilidad y planeación urbana que forman parte del expediente técnico, a efecto de sustentar cuantitativamente los beneficios esperados y la función que tendrá la infraestructura dentro de la red vial regional.

2.7.3 Características generales del proyecto

El Puente Carrizal se proyecta como una estructura vial sobre el río Carrizal, acompañada de rampas, accesos y obras complementarias.

De acuerdo con la información técnica disponible, sus principales características son las siguientes:

Tabla 9 *Características generales del proyecto*

Característica	Descripción
Nombre	Puente Carrizal
Proyecto integral	Proyecto Integral Villahermosa 2030
Estado	Tabasco
Municipios	Centro y Nacajuca
Cuerpo de agua	Río Carrizal
Longitud aproximada del conjunto	580 m
Longitud aproximada del viaducto sobre el cauce	240 m
Ancho máximo aproximado	21.60 m
Claro central	~100 m
Claros laterales	~70 m cada uno
Sistema de cimentación	Profunda, mediante pilotes perforados
Tipo de obra	Infraestructura vial
Duración considerada	16 meses
Inversión	$1,062,681,075.31

2.7.4 Descripción general de las obras que integran el proyecto

Para efectos de la presente MIA-R, el proyecto puede organizarse en los siguientes componentes constructivos:

a) Preparación del sitio

Comprende las actividades necesarias para habilitar las áreas de trabajo, incluyendo:



- trazo y nivelación;
- delimitación de las áreas de trabajo;
- limpieza y remociones;
- habilitación de accesos;
- preparación de plataformas de trabajo;
- señalamiento;
- protección de infraestructura existente; y
- protección o reubicación de servicios afectados.

b) Cimentaciones profundas

La solución estructural considera cimentaciones profundas mediante pilotes perforados ejecutados in situ, debido a las condiciones geotécnicas e hidráulicas del sitio.

Las actividades comprenderán, entre otras:

- preparación de plataformas;
- perforación;
- colocación de acero de refuerzo;
- colocación de concreto;
- ejecución de pilotes;
- construcción de encepados;
- pruebas y controles de calidad.

c) Estructuras de concreto

Comprende la construcción de los principales elementos estructurales del puente, incluyendo:

- pilas;
- columnas;
- cabezales;
- estribos;
- elementos de transición;
- elementos de superestructura;
- obras de concreto complementarias.

d) Estructuras metálicas

Comprende la fabricación, transporte, montaje y conexión de los elementos metálicos previstos en el proyecto estructural.

e) Elementos prefabricados y presforzados

Comprende la fabricación, transporte, montaje y colocación de elementos prefabricados y/o presforzados, así como los accesorios necesarios para su integración a la estructura.

f) Obras viales

Incluyen:

- pavimentos;
- accesos;
- rampas;
- guarniciones;
- banquetas;
- conexiones con vialidades existentes; y
- obras complementarias de integración vial.

g) Drenaje

Comprende las obras necesarias para captar, conducir y desalojar adecuadamente los escurrimientos superficiales generados en las áreas de circulación y accesos.

h) Servicios afectados

El proyecto contempla la identificación, protección, reubicación o restitución de infraestructura y servicios existentes que puedan interferir con las obras.

Entre los elementos identificados en la documentación de afectaciones se encuentran instalaciones correspondientes a infraestructura eléctrica, drenaje, telecomunicaciones y otros servicios.

i) Iluminación y mobiliario

Finalmente se contempla la instalación de sistemas de iluminación y mobiliario asociado a las áreas bajo el puente y a las zonas de integración urbana.



2.7.5 Características físicas del sitio

El proyecto se localiza en una zona correspondiente a la planicie aluvial de Villahermosa, caracterizada por una topografía predominantemente horizontal y por la presencia del río Carrizal.

Los estudios técnicos disponibles describen materiales superficiales predominantemente constituidos por limos, arcillas y arenas, condiciones que deberán considerarse durante la ejecución de las cimentaciones, excavaciones y obras de conexión.

La condición topográfica prácticamente plana del sitio, aunada a la presencia del cauce y a la existencia de niveles freáticos relativamente someros, constituye uno de los principales factores condicionantes para la ejecución de las obras.

2.7.6 Condiciones geotécnicas

Para la caracterización geotécnica del sitio se realizaron cinco sondeos identificados como **S-01 a S-05**, con profundidades aproximadas de 30 m.

De acuerdo con la información disponible, se identificaron los siguientes niveles freáticos:

Sondeo	Nivel freático aproximado
S-01	2.85 m
S-02	3.25 m
S-03	No detectado
S-04	No detectado
S-05	1.80 m

La variabilidad observada en los niveles de agua deberá considerarse en la planeación de excavaciones y trabajos de cimentación.

En las zonas donde las excavaciones se encuentren fuera de la influencia directa del cauce se ha considerado, como criterio general de constructibilidad, un talud máximo de **2H:1V**.

En las áreas próximas al cauce, donde las condiciones de excavación y presencia de agua impidan la ejecución de taludes abiertos, se contempla el empleo de un sistema continuo de **tablestacado**, con la finalidad de proporcionar estabilidad lateral a las excavaciones y controlar la interacción con el nivel freático.

2.7.7 Superficie requerida

La superficie requerida para la ejecución del **Puente Carrizal** comprende el conjunto de áreas necesarias para desarrollar las actividades de preparación del sitio, construcción de cimentaciones, ejecución de la subestructura y superestructura, conformación de accesos y rampas, instalación de obras complementarias, así como las áreas requeridas temporalmente para maniobras, montaje, almacenamiento y ejecución de las actividades constructivas.

De acuerdo con la documentación técnica disponible, para efectos de la presente Manifestación de Impacto Ambiental se identifica un **polígono de construcción de aproximadamente 26,044.0324 m²**, equivalente a **2.6044 ha**, el cual constituye la superficie de referencia para delimitar el área de desarrollo de las obras del Puente Carrizal.

Esta superficie debe entenderse como el **polígono general de construcción**, y no como la superficie de desplante permanente de la estructura. Dentro de dicho polígono se encuentran comprendidas áreas con diferentes funciones y grados de intervención, incluyendo la superficie ocupada por las estructuras, apoyos, accesos, rampas, pavimentos, obras de drenaje, áreas de maniobra y demás elementos asociados al proceso constructivo.

2.7.8 Características particulares del proyecto

El Puente Carrizal constituye una infraestructura vial destinada a mejorar la conectividad entre los sectores ubicados en el entorno de Avenida Paseo Tabasco, Periférico Carlos Pellicer Cámara y la conexión hacia Real de Bosques de Saloya**,** mediante una solución estructural que permite el cruce sobre el río Carrizal y la integración de sus accesos con la red vial existente.

El proyecto contempla un conjunto de estructuras y obras complementarias que funcionan de manera integrada, incluyendo cimentaciones profundas, elementos de subestructura, superestructura, accesos, rampas, pavimentos, drenaje, guarniciones, banquetas, iluminación, señalamiento y dispositivos de seguridad, además de las adecuaciones necesarias a servicios existentes y demás obras complementarias.

De acuerdo con la información técnica disponible, el conjunto del puente presenta una longitud aproximada de **580 m** y un ancho máximo de aproximadamente **21.60 m**. El viaducto asociado al cruce del río Carrizal presenta una longitud aproximada de **240 m**.

La solución estructural se desarrolla mediante una secuencia de apoyos conformada por **estribos y pilas**, sobre los cuales se dispone la superestructura del puente. La documentación del proyecto identifica los apoyos principales como **E1, P1, P2, P3, P4 y E2**.

La configuración estructural permite resolver el cruce del cauce mediante claros de dimensiones importantes, reduciendo la necesidad de disponer elementos estructurales continuos dentro del cauce. No obstante, las actividades correspondientes a las cimentaciones y apoyos ubicados en las proximidades del río deberán ejecutarse bajo medidas específicas de control ambiental para prevenir la incorporación de materiales, sedimentos, combustibles, concreto u otras sustancias al cuerpo de agua.

2.7.9 Cimentaciones profundas

La cimentación del Puente Carrizal se resolverá mediante cimentaciones profundas constituidas por pilotes perforados ejecutados in situ, cuya función será transmitir las cargas de la estructura hacia los estratos resistentes del subsuelo.

La ejecución de los pilotes comprenderá, de manera general, el posicionamiento y preparación de los equipos de perforación, perforación del terreno, colocación de elementos de acero de refuerzo, colocación del concreto y ejecución de las pruebas y controles de calidad correspondientes.

Las condiciones geotécnicas del sitio, caracterizadas por materiales aluviales y la presencia de niveles de agua subterránea a profundidades relativamente someras, hacen necesario establecer procedimientos constructivos adecuados para garantizar la estabilidad de las excavaciones y la calidad de los elementos de cimentación.

2.7.10 Subestructura

La subestructura estará constituida por los elementos encargados de recibir y transmitir hacia las cimentaciones las cargas provenientes de la superestructura.

Entre sus principales componentes se consideran:

- pilotes perforados;
- encepados;
- pilas y columnas;
- cabezales;
- estribos;
- elementos de apoyo y conexión.

Los estribos estarán conformados por elementos de concreto y tendrán una función estructural y de contención, además de servir como transición entre la estructura elevada y los terraplenes de acceso.

En las zonas donde las excavaciones se desarrollen fuera de la influencia directa del cauce se podrá recurrir a taludes con una relación máxima de referencia de 2H:1V, mientras que en sectores próximos al cauce se contempla el empleo de sistemas de contención mediante tablestacado, de acuerdo con las condiciones particulares de cada excavación.

2.7.11 Superestructura

La superestructura del Puente Carrizal estará constituida por un tablero tipo cajón de concreto estructural de canto variable, diseñado para transmitir las cargas de circulación hacia los elementos de apoyo.

La construcción de los tramos principales contempla el empleo de dovelas y carro de avance, mediante una secuencia constructiva que permite ejecutar progresivamente la superestructura a partir de los apoyos previamente construidos.

Este procedimiento resulta particularmente relevante para el cruce del río Carrizal, debido a que permite desarrollar el tablero sobre el cauce sin requerir una estructura auxiliar continua que ocupe la totalidad del claro central.

Los trabajos de construcción de la superestructura comprenderán, entre otras actividades:

1. preparación de los apoyos;
2. colocación y habilitado del acero de refuerzo;
3. ejecución de las dovelas;
4. colocación y tensado de elementos presforzados, cuando corresponda;
5. avance progresivo del carro de construcción;
6. ejecución de juntas y conexiones;
7. aplicación de acabados y elementos de protección;
8. colocación de pavimento y elementos complementarios.

La documentación técnica contempla igualmente soluciones mediante cimbra al suelo en determinados sectores, así como sistemas de montaje para elementos prefabricados en las zonas de acceso y rampas.

2.7.12 Cruce sobre el río Carrizal

Uno de los elementos particulares del proyecto corresponde al cruce sobre el **río Carrizal**, debido a las condiciones hidráulicas y ambientales asociadas al cuerpo de agua.

La solución estructural contempla un viaducto que permite mantener la continuidad del cauce y proporcionar el espacio libre requerido para el escurrimiento, evitando establecer una ocupación permanente y continua del cauce mediante terraplenes.

Las actividades relacionadas con el río se concentrarán principalmente en la ejecución de los apoyos y cimentaciones que, conforme a la solución estructural y su ubicación definitiva, se encuentren en las proximidades del cauce.

Para estas actividades se deberán implementar medidas de prevención orientadas a:

- evitar el arrastre de sedimentos hacia el río;
- controlar las aguas provenientes de excavaciones;
- prevenir derrames de combustibles y lubricantes;
- evitar la disposición de materiales de construcción en el cauce;
- controlar el manejo del concreto;
- mantener libres de residuos las márgenes y zonas de trabajo;
- atender oportunamente cualquier contingencia que pudiera afectar la calidad del agua.

La documentación técnica disponible no identifica un desvío permanente del río Carrizal ni un relleno permanente del cauce como parte de la solución estructural. Por ello, estos conceptos no deberán presentarse como componentes del proyecto salvo que sean incorporados expresamente en la ingeniería definitiva.

2.7.13 Accesos y rampas

Los accesos al Puente Carrizal permitirán realizar la transición entre la estructura elevada y la vialidad existente.

Para ello se contempla la ejecución de terracerías, rellenos estructurales, rampas, muros de contención, pavimentos y obras de drenaje, además de las adecuaciones necesarias para garantizar la continuidad de la circulación vehicular.

Los trabajos de terracerías comprenderán la preparación de las superficies, suministro y colocación de materiales, extendido, humectación y compactación de las capas que conformen los accesos.

En determinados sectores se contempla el empleo de elementos prefabricados tipo viga cajón, cuyo montaje se realizará mediante equipos de izaje adecuados a las condiciones de la obra.

2.7.14 Pavimentos

Los accesos y las superficies de circulación se complementarán con estructuras de pavimento diseñadas de acuerdo con las condiciones de tránsito y las características geotécnicas del sitio.

Los trabajos comprenderán la preparación de la superficie, construcción de las capas estructurales, colocación de la carpeta o superficie de rodamiento y ejecución de los trabajos de acabado necesarios para garantizar condiciones adecuadas de circulación.

2.7.15 Guarniciones, banquetas y elementos de seguridad

Como parte de las obras complementarias se contempla la ejecución de guarniciones, banquetas, elementos de confinamiento y dispositivos de seguridad vial, necesarios para completar la sección funcional del proyecto.

Estos elementos permitirán delimitar las áreas destinadas a la circulación vehicular y peatonal, mejorar las condiciones de seguridad y establecer transiciones adecuadas con la infraestructura urbana existente.

2.7.16 Iluminación, señalamiento y mobiliario

El proyecto contempla la instalación de iluminación y señalamiento vial, así como los elementos complementarios necesarios para la operación segura del puente.

La iluminación estará orientada a proporcionar condiciones adecuadas de visibilidad durante la operación nocturna, mientras que el señalamiento permitirá informar a las personas usuarias sobre las condiciones de circulación, restricciones, destinos y elementos de seguridad.

Asimismo, se contempla la incorporación de mobiliario y obras complementarias bajo el puente, de acuerdo con la solución arquitectónica y urbana definida para el proyecto.

2.7.17 Obras provisionales y áreas auxiliares

Durante la etapa de construcción será necesario disponer de áreas y elementos auxiliares para permitir el desarrollo de los trabajos.

Entre ellos podrán incluirse:

- accesos y caminos temporales;
- plataformas de trabajo;

- áreas de maniobra;
- zonas de almacenamiento temporal;
- áreas para habilitado de acero;
- instalaciones temporales;
- zonas de montaje;
- sistemas temporales de contención;
- señalamiento y dispositivos de seguridad de obra.

La localización y superficie de estas áreas deberá mantenerse dentro de los límites autorizados para el proyecto, procurando utilizar preferentemente superficies previamente intervenidas y evitando generar afectaciones adicionales a la vegetación, suelo, cauce y márgenes del río Carrizal.

2.8. Paisajismo y tratamiento de áreas verdes

Como parte integral del **Puente Carrizal**, se contempla el tratamiento de las áreas verdes y superficies susceptibles de integración paisajística asociadas a la infraestructura vial, con el propósito de favorecer la incorporación de la nueva estructura al entorno urbano existente y mejorar las condiciones visuales y ambientales de las áreas intervenidas.

El tratamiento paisajístico se concentrará principalmente en las áreas residuales generadas por la implantación del puente, zonas laterales de los accesos, espacios próximos a las rampas, áreas bajo la estructura y superficies que, una vez concluidas las obras, puedan ser destinadas a vegetación, siempre que las condiciones de seguridad, visibilidad, operación, drenaje y mantenimiento lo permitan.

A diferencia de la **Extensión Paseo Tabasco**, el Puente Carrizal no contempla como parte de su configuración las estaciones de transporte público, glorietas o un sistema continuo de camellones asociado al corredor. Por ello, el tratamiento vegetal se planteará de manera localizada y estará condicionado por la geometría definitiva de la estructura, los accesos, las áreas de circulación, las instalaciones existentes y las condiciones particulares de las márgenes del río Carrizal.

- El tratamiento paisajístico tendrá como objetivos principales:
- Integrar visualmente el **Puente Carrizal** con el contexto urbano y paisajístico existente.
- Favorecer la recuperación y acondicionamiento de las áreas que hayan sido temporalmente intervenidas durante la construcción.
- Mantener, en la medida técnicamente viable, el arbolado existente que no interfiera con la infraestructura.
- Incorporar vegetación en áreas residuales y superficies destinadas a áreas verdes.

- Contribuir a mejorar las condiciones ambientales y visuales de los espacios ubicados en el entorno inmediato del puente.
- Reducir la exposición de superficies de suelo desnudo susceptibles a erosión o generación de polvo.
- Favorecer la integración de los accesos y rampas con el entorno urbano.
- Evitar que la vegetación genere interferencias con la estructura, instalaciones, iluminación, señalamiento, drenaje o condiciones de visibilidad y seguridad vial.

2.8.1 Criterios generales de selección vegetal

La selección de especies vegetales para las áreas susceptibles de tratamiento paisajístico deberá considerar las condiciones ambientales particulares de **Villahermosa, Tabasco**, caracterizadas por un clima cálido y húmedo, así como las condiciones específicas de cada área disponible.

La selección deberá priorizar especies que presenten adaptación a las condiciones climáticas locales, requerimientos de mantenimiento compatibles con la operación de la infraestructura y características radiculares que reduzcan el riesgo de interferencia con pavimentos, cimentaciones, drenajes, instalaciones y demás elementos de la obra.

Asimismo, deberán considerarse el porte, desarrollo de copa, velocidad de crecimiento, requerimientos de agua, tolerancia a condiciones de humedad y comportamiento de las raíces.
En las áreas próximas al puente se evitará establecer vegetación de porte o características que puedan generar condiciones que comprometan la seguridad de los usuarios, obstruyan la visibilidad del señalamiento, interfieran con luminarias o instalaciones, o afecten los elementos estructurales y de drenaje.

2.8.2 Estratificación y alturas de vegetación

El tratamiento paisajístico podrá organizarse mediante diferentes estratos de vegetación, de acuerdo con las características y dimensiones de las áreas disponibles.

De manera general, se podrán considerar:

Tabla 10 *Características generales del proyecto de paisaje*

Estrato	Características de referencia
Arbóreo	Árboles de porte compatible con las áreas disponibles y con las restricciones de seguridad, infraestructura y visibilidad

Estrato	Características de referencia
Arbustivo y herbáceo	Vegetación de porte bajo y medio para complementar las áreas verdes
Cubresuelos	Vegetación de bajo porte destinada a cubrir superficies de suelo y reducir áreas expuestas

La distribución de los diferentes estratos deberá realizarse evitando concentraciones vegetales que puedan obstaculizar la visibilidad de los conductores, peatones o personal encargado de la conservación de la infraestructura.

En las áreas ubicadas debajo del puente, la selección de vegetación deberá considerar adicionalmente las condiciones particulares de iluminación, humedad, disponibilidad de suelo y accesibilidad para mantenimiento.

2.8.3 Integración del arbolado existente

Uno de los criterios principales del tratamiento paisajístico será la conservación del arbolado existente que resulte compatible con la implantación definitiva del proyecto.

Previo al inicio de las actividades de construcción, deberán identificarse y verificarse en campo los ejemplares existentes dentro del área de intervención, determinando cuáles pueden permanecer sin comprometer la seguridad, estabilidad y operación del puente.

La conservación deberá priorizar aquellos ejemplares que:

- no interfieran con cimentaciones, pilas, estribos o rampas;
- no afecten los accesos y áreas de circulación;
- no interfieran con instalaciones eléctricas o hidráulicas;
- no obstruyan señalamiento o iluminación;
- no comprometan la visibilidad en intersecciones;
- presenten condiciones fitosanitarias adecuadas; y
- puedan conservarse sin requerir modificaciones sustanciales a la infraestructura.

Los ejemplares que sean conservados deberán protegerse durante la construcción mediante medidas específicas para evitar daños al tronco, copa y sistema radicular.

Cuando las condiciones del proyecto no permitan conservar algún ejemplar, su manejo deberá realizarse conforme a la legislación ambiental aplicable y a las autorizaciones que correspondan.

2.8.4 Tratamiento paisajístico de accesos y rampas

Los accesos y rampas constituyen las principales áreas de transición entre la estructura elevada del **Puente Carrizal** y la vialidad existente.

En las superficies laterales y residuales que resulten disponibles después de la construcción de terraplenes, pavimentos, banquetas, drenaje y demás elementos de infraestructura, podrá incorporarse vegetación con el propósito de reducir la presencia de superficies desnudas y mejorar la integración visual del proyecto.

La distribución de la vegetación deberá adaptarse a la geometría definitiva de los accesos, evitando afectar:

- la visibilidad de los conductores;
- las áreas de seguridad vial;
- el drenaje superficial;
- las banquetas y circulaciones peatonales;
- las instalaciones de servicios;
- las estructuras de contención;
- los taludes y terraplenes;
- las zonas de mantenimiento.

En los taludes y áreas de suelo expuesto podrá considerarse el establecimiento de cubresuelos, herbáceas o vegetación de bajo porte, cuando las condiciones de estabilidad y drenaje lo permitan.

2.8.5 Tratamiento paisajístico de áreas bajo el puente

Las áreas ubicadas bajo la estructura constituyen espacios particulares debido a las condiciones de sombra, disponibilidad variable de agua y restricciones derivadas de las actividades de mantenimiento.
El tratamiento de estas áreas deberá definirse de acuerdo con la configuración final de las pilas, accesos, banquetas, vialidades, instalaciones y drenaje.

Cuando las condiciones lo permitan, podrán establecerse áreas verdes mediante especies de bajo mantenimiento y adaptadas a las condiciones de iluminación y humedad existentes.

En aquellos sectores donde las condiciones físicas no permitan el establecimiento de vegetación, se priorizará el acondicionamiento del terreno mediante soluciones que reduzcan la generación de polvo, erosión y acumulación de residuos, manteniendo condiciones adecuadas para el mantenimiento de la infraestructura.

La vegetación que se incorpore bajo el puente deberá mantenerse alejada de las pilas, elementos estructurales, instalaciones y sistemas de drenaje, evitando que su desarrollo pueda generar daños o dificultar las labores de inspección y conservación.

2.8.6 Tratamiento paisajístico de áreas residuales

La construcción del Puente Carrizal generará superficies residuales asociadas a la configuración de los accesos, rampas, vialidades y elementos estructurales.

Estas áreas serán evaluadas una vez concluida la conformación de las superficies definitivas, identificando aquellas que puedan ser destinadas a vegetación.

El tratamiento podrá considerar una combinación de:

- árboles;
- arbustos;
- herbáceas;
- cubresuelos;
- superficies de césped, cuando resulte técnicamente conveniente; y
- áreas con cobertura vegetal natural o inducida.

2.8.7 Tratamiento de las áreas próximas al río Carrizal

Debido a la ubicación del proyecto en el entorno del **río Carrizal**, el tratamiento de las superficies próximas al cuerpo de agua deberá realizarse considerando las condiciones hidráulicas, ambientales y de estabilidad de las márgenes.

Las actividades de restauración o establecimiento de vegetación en estas áreas deberán evitar modificaciones no previstas en la configuración del cauce y no deberán interferir con las obras de protección, drenaje, cimentaciones o elementos estructurales.

Una vez concluidas las actividades constructivas, las superficies temporalmente ocupadas que no formen parte de la infraestructura permanente deberán ser limpiadas, regularizadas y, cuando corresponda, restituidas mediante cobertura vegetal, de acuerdo con las condiciones existentes y con las medidas ambientales establecidas para el proyecto.

En estas áreas se deberá evitar el establecimiento de especies cuyo sistema radicular pueda afectar estructuras, obras de protección o infraestructura hidráulica.

2.8.8 Módulos y espaciamiento de plantación

La ubicación y separación de los ejemplares deberá determinarse de acuerdo con el porte de cada especie y las dimensiones disponibles en las áreas verdes.

Como criterio general, los módulos de plantación deberán proporcionar espacio suficiente para el desarrollo de las raíces y de la copa, evitando interferencias con:

- cimentaciones;
- pavimentos;
- banquetas;
- sistemas de drenaje;
- líneas eléctricas;
- instalaciones hidráulicas;
- luminarias;
- señalamiento;
- estructuras de contención; y
- demás infraestructura existente o proyectada.

En el caso de árboles de mayor porte, deberán considerarse mayores separaciones entre ejemplares y respecto de las estructuras.

Las distancias definitivas deberán establecerse en los planos ejecutivos de paisajismo y deberán verificarse en campo antes de la plantación.

2.8.9 Preparación del sitio y plantación

Las actividades de plantación se realizarán una vez concluidas las obras de construcción que pudieran afectar las áreas verdes.

La preparación del sitio comprenderá, según las condiciones de cada área:

1. limpieza y retiro de residuos;
2. regularización del terreno;
3. descompactación del suelo;
4. preparación de cepas;
5. incorporación de tierra vegetal o sustrato mejorado;
6. colocación de los ejemplares;

7. relleno y compactación ligera alrededor de la cepa;
8. instalación de tutores cuando sea necesario;
9. riego inicial; y
10. establecimiento de medidas de protección durante la etapa inicial de crecimiento.

En las áreas que hayan sido utilizadas como plataformas, accesos temporales, zonas de maniobra o almacenamiento, la restitución deberá realizarse una vez retiradas las instalaciones provisionales, procurando recuperar condiciones adecuadas de suelo para el establecimiento de vegetación.

2.8.10 Integración ambiental y urbana

El tratamiento paisajístico del Puente Carrizal tendrá una función tanto ambiental como urbana, ya que permitirá mejorar la integración visual de la infraestructura y contribuir a la recuperación de las áreas que sean intervenidas temporalmente durante la construcción.

La incorporación de vegetación en áreas disponibles podrá contribuir a:

- reducir superficies de suelo desnudo;
- disminuir procesos de erosión superficial;
- mejorar la calidad visual del entorno;
- generar sombra en espacios peatonales donde resulte viable;
- favorecer la integración de los accesos con el entorno urbano;
- proporcionar cobertura vegetal en superficies residuales; y
- contribuir a mejorar las condiciones ambientales locales.

En el entorno inmediato del río Carrizal, las medidas de integración vegetal deberán coordinarse con las acciones de protección del suelo, control de sedimentos y manejo de escurrimientos previstas para la etapa constructiva.

2.8.11 Criterios de conservación y mantenimiento

Durante la construcción deberá procurarse la protección de los ejemplares existentes que hayan sido seleccionados para su conservación, evitando daños derivados del tránsito de maquinaria, almacenamiento de materiales, excavaciones y actividades de montaje.

Una vez concluida la plantación, las áreas verdes deberán recibir mantenimiento durante el periodo de establecimiento y posteriormente durante la etapa de operación del puente.

El mantenimiento deberá considerar, como mínimo:

- riego durante el periodo de establecimiento;
- control de malezas;
- poda de formación y mantenimiento;
- retiro de ramas secas o dañadas;
- reposición de ejemplares muertos o con desarrollo deficiente;
- conservación de las condiciones del suelo;
- limpieza de las áreas verdes;
- control de plagas y enfermedades, cuando corresponda;
- mantenimiento de cubresuelos y vegetación baja; y
- control del crecimiento vegetal para evitar interferencias con iluminación, señalamiento, drenaje, circulación y estructuras.

Las actividades de mantenimiento deberán realizarse de manera compatible con las actividades de inspección y conservación estructural del Puente Carrizal.

2.9. Sistema de tablestacado, plataformas de trabajo y estabilización de terraplenes

Como parte de las obras necesarias para la construcción del **Puente Carrizal**, se contempla la ejecución de sistemas temporales de contención, plataformas de trabajo y medidas de estabilización asociadas a las excavaciones para las cimentaciones de los apoyos localizados en las proximidades del cauce, así como la conformación de los terraplenes y accesos que permitirán establecer la transición entre la estructura elevada y las vialidades existentes.
Las soluciones previstas responden a las condiciones geotécnicas e hidráulicas del sitio, caracterizado por la presencia de materiales aluviales de naturaleza limoso-arcillosa, niveles de agua freática relativamente someros y la proximidad del río Carrizal. En consecuencia, las actividades de excavación y cimentación deberán ejecutarse mediante procedimientos diferenciados de acuerdo con la ubicación de cada apoyo y su relación con el cauce, procurando limitar la ocupación temporal y mantener condiciones adecuadas de estabilidad y control hidráulico.

En particular, para la construcción de los apoyos **P2 y P3**, ubicados dentro del entorno del cauce, se contempla la habilitación de **plataformas temporales de trabajo mediante material granular**, conformadas como áreas de acceso para la maquinaria requerida durante la ejecución de las cimentaciones. Estas plataformas tendrán carácter provisional y, una vez concluidos los trabajos, se deberá realizar la reconformación del cauce hacia las condiciones previas a la intervención y ejecutar las medidas de protección de margen correspondientes.

2.9.1 Excavaciones y estabilidad de taludes

Para las excavaciones destinadas a la construcción de los encepados y cimentaciones, ubicadas fuera de la influencia directa del cauce y del nivel hidráulico del río Carrizal, se establece como criterio general la ejecución de taludes de corte con una pendiente máxima de **2H:1V**.

Los taludes deberán conformarse progresivamente y mantenerse bajo vigilancia durante el desarrollo de las excavaciones, incorporando medidas provisionales para el control de los escurrimientos superficiales y la protección de las superficies expuestas frente al agua de lluvia.

El análisis de estabilidad considera una sobrecarga de 5 kPa, las condiciones del nivel freático identificadas durante la exploración y la altura de la lámina de agua existente. Para una excavación con pendiente 2H:1V se obtuvo un **factor de seguridad de 1.3**, señalándose que el empleo de pendientes más tendidas incrementaría dicho factor. Bajo estas condiciones, se considera viable la ejecución de excavaciones para los encepados mediante este criterio de corte.

En las zonas próximas al cauce, donde las condiciones geométricas y de espacio disponible no permiten desarrollar excavaciones mediante taludes abiertos, se utilizarán sistemas de contención temporal que permitan mantener la estabilidad del terreno y limitar la extensión de la intervención.

2.9.2 Plataformas temporales de trabajo para los apoyos P2 y P3

Debido a la necesidad de permitir el acceso de maquinaria para la ejecución de las cimentaciones de los apoyos **P2 y P3**, se contempla la construcción de plataformas temporales de trabajo mediante material granular, conformadas como prolongaciones o penínsulas de trabajo hacia el cauce.

La ejecución de estas plataformas tendrá como finalidad proporcionar una superficie estable para el desplazamiento y operación de la maquinaria requerida para las actividades de excavación, hincado, construcción de pilotes y ejecución de los encepados.

El proceso general contempla las siguientes etapas:

1. **Condición inicial del cauce.**

Se realizará el reconocimiento y delimitación del área de trabajo, tomando como referencia las condiciones existentes del cauce y sus márgenes.

2. **Preparación del área de intervención.**

Se delimitarán las superficies estrictamente necesarias para permitir el acceso y operación de la maquinaria.

3. **Excavación y preparación de la superficie.**

En los sectores correspondientes se realizarán las adecuaciones necesarias para alcanzar las cotas de trabajo establecidas.

4. **Colocación y conformación del material granular.**

Se incorporará material granular de manera progresiva, conformando la plataforma y sus taludes hasta alcanzar la geometría requerida.

5. **Reperfilado y estabilización.**

Los materiales serán acomodados y perfilados de manera que se mantenga la estabilidad de la plataforma durante la ejecución de los trabajos.

6. **Construcción de la cimentación.**

Una vez habilitada la plataforma se desarrollarán las actividades correspondientes a la cimentación de los apoyos.

7. **Retiro y reconformación.**

Una vez concluidas las actividades que requieran el acceso temporal, se retirará el material utilizado para la plataforma y se realizará la reconformación del cauce, restituyendo su geometría en la medida prevista por el proyecto.

La plataforma temporal se establece a una **cota aproximada de +4.50 msnm**, mientras que la cota inferior prevista para los encepados es de aproximadamente **+4.00 msnm**. Asimismo, se contempla una separación mínima de **5.00 m entre el límite del encepado y la plataforma de trabajo**, con taludes de aproximadamente **2H:1V** hasta alcanzar el terreno natural.

La configuración de estas plataformas deberá ejecutarse procurando reducir las alteraciones locales del flujo, mediante transiciones longitudinales graduales y evitando geometrías abruptas que puedan favorecer la generación de remolinos o procesos erosivos.

2.9.3 Condiciones hidráulicas consideradas para las plataformas temporales

La construcción de las plataformas temporales se deberá desarrollar considerando las condiciones hidráulicas del río Carrizal durante el periodo de ejecución de los trabajos.

Para la evaluación hidráulica de las plataformas se consideraron escenarios asociados a los caudales registrados en la estación hidrométrica ubicada aproximadamente 16 km aguas arriba del sitio del puente. Entre los escenarios analizados se encuentran:

- **523 m³/s**, correspondiente al caudal máximo registrado durante el periodo analizado.
- **226 m³/s**, correspondiente al caudal medio de noviembre, considerado representativo de uno de los periodos de mayor caudal dentro de la ventana prevista para la ejecución de las obras.

Estos escenarios deberán considerarse para la planeación de las actividades que impliquen ocupación temporal del cauce, particularmente durante la ejecución de las cimentaciones de los apoyos P2 y P3.
La programación de los trabajos deberá procurar que las actividades con mayor interacción con el cauce se realicen bajo condiciones hidráulicas favorables y evitando, en la medida de lo posible, periodos en los que puedan presentarse incrementos importantes del nivel del río.

2.9.4 Tablestacado temporal en el entorno de los apoyos

En los sectores donde la excavación requiera una solución vertical de contención se contempla la utilización de **tablestacas hincadas**, particularmente en asociación con las actividades de construcción de los encepados.

El sistema permitirá contener lateralmente el terreno, limitar la extensión de las excavaciones y proporcionar condiciones controladas para la ejecución de las cimentaciones.

Para las zonas asociadas a las plataformas temporales se considera una solución mediante tablestacas hincadas desde la plataforma de trabajo, alcanzando la profundidad requerida dentro del terreno natural y conformando un recinto de contención que permita controlar las condiciones de la excavación.

La configuración prevista contempla una **coronación del sistema de tablestacado aproximadamente a la cota +6.00 msnm**, con una plataforma de trabajo ubicada alrededor de la cota +4.50 msnm. La solución tiene como finalidad proporcionar estabilidad al recinto de trabajo y controlar la interacción entre el terreno, el agua subterránea y el cauce durante la ejecución de la cimentación.

El sistema deberá considerar:

- empujes laterales del terreno;
- presión hidrostática;
- variaciones del nivel del río;
- estabilidad global;
- estabilidad frente a posibles procesos de socavación;
- condiciones de hincado;
- comportamiento de la excavación durante las diferentes etapas constructivas.

La profundidad de hincado deberá ser suficiente para garantizar la estabilidad del sistema durante la ejecución de la cimentación.

2.9.5 Características del sistema de tablestacado

El sistema de contención estará integrado, de manera general, por:

- tablestacas o perfiles metálicos hincados en el terreno;
- elementos de conexión y confinamiento;
- elementos de apoyo y unión con los encepados, cuando corresponda;
- elementos complementarios para el control del agua;
- sistemas de protección de la excavación.

En los sectores correspondientes a las excavaciones en margen, los elementos de contención se dispondrán de manera que permitan mantener un frente estable y reducir la extensión de la excavación hacia el cauce. Las dimensiones definitivas de las tablestacas, longitud de hincado, separación, sección transversal, elementos de conexión y demás parámetros estructurales deberán corresponder al diseño ejecutivo y a las especificaciones particulares de la solución.

Por su naturaleza, deberá distinguirse entre:

a) **Tablestacado temporal asociado a las excavaciones y plataformas de construcción**, cuya función será permitir la ejecución segura de las cimentaciones; y

b) **Elementos de protección de margen asociados a la configuración definitiva del proyecto**, cuya función será contribuir a la estabilidad y protección de las márgenes del río.

Esta diferenciación es importante para efectos de la delimitación de las superficies temporales y permanentes del proyecto.

2.9.6 Procedimiento constructivo del tablestacado

La ejecución del sistema de tablestacado deberá realizarse de manera secuencial y coordinada con la habilitación de las plataformas temporales, excavación y construcción de la cimentación.
El procedimiento general comprenderá:

- **1. Trazo y replanteo**

Se realizará el levantamiento y replanteo de la alineación prevista para las tablestacas, verificando su posición respecto del eje del puente, encepado, plataforma de trabajo, margen del río e instalaciones existentes.

- **2. Habilitación de la plataforma**

Se preparará la superficie de trabajo necesaria para permitir el ingreso y operación de los equipos de hincado, manteniendo las dimensiones mínimas requeridas para la ejecución de las actividades.

- **3. Hincado de tablestacas**

Las tablestacas serán instaladas mediante equipo de hincado adecuado a las condiciones del sitio. Durante el proceso se verificará su alineamiento, verticalidad y profundidad de penetración.

- **4. Conformación del recinto**

Una vez instalada la contención, se procederá con la conformación del recinto de trabajo y la preparación de los elementos necesarios para controlar el ingreso de agua.

- **5. Excavación progresiva**

La excavación se ejecutará por etapas, retirando el material de manera controlada y manteniendo en todo momento la estabilidad proporcionada por el sistema de contención.

- **6. Control de agua**

Se implementarán medidas para controlar el ingreso de agua superficial y subterránea, considerando tanto los niveles freáticos como la influencia hidráulica del río.

- **7. Construcción de la cimentación**

Una vez alcanzado el nivel de desplante se procederá con la ejecución de pilotes, encepados y demás elementos de cimentación.

- **8. Terminación y retiro**

Concluidas las actividades que requieran la contención temporal, se retirarán, cuando así lo establezca el procedimiento constructivo, los elementos provisionales y se procederá con la terminación de las áreas intervenidas.

2.9.7 Protección de las márgenes del río Carrizal

Como parte de las medidas de estabilización y protección asociadas a los apoyos del puente, se contempla la ejecución de **protecciones de margen mediante enrocado en el entorno de los apoyos**, complementadas con elementos de tablestacado vinculados a los encepados en los sectores correspondientes.

La solución busca proteger las márgenes frente a procesos erosivos y mantener la estabilidad de los terrenos próximos a las cimentaciones.

La configuración hidráulica considerada contempla la protección de las márgenes a partir de una elevación aproximada de **+6.00 msnm**, con taludes de:

- **2H:1V en la margen izquierda**;
- **1.5H:1V en la margen derecha**.

Asimismo, se considera una elevación aproximada de **+7.00 msnm para la parte superior de los encepados en ambas márgenes**.

La protección mediante enrocado deberá conformarse con material pétreo de características y dimensiones adecuadas para resistir las condiciones hidráulicas previstas, colocándose de manera que se garantice la estabilidad de la margen y se reduzca la posibilidad de erosión localizada.

2.9.8 Comportamiento hidráulico de la solución propuesta

La configuración de las protecciones de margen y de los elementos de cimentación fue evaluada considerando un escenario hidráulico correspondiente a un **gasto de diseño de 1,054.3 m^3/s para un periodo de retorno de 100 años**.

Los resultados indican que la incorporación de los encepados y las protecciones de margen no produce variaciones significativas en la elevación de la superficie del agua. Asimismo, se identifica un incremento máximo aproximado de **0.06 m/s en la velocidad del flujo** respecto de la condición sin proyecto, considerado reducido para el escenario analizado.

Por lo anterior, las soluciones de protección y cimentación se plantean procurando mantener las condiciones hidráulicas generales del cauce y evitar modificaciones relevantes en su comportamiento.

Estabilización de terraplenes y accesos

Los accesos al Puente Carrizal se conformarán mediante terraplenes de acceso y rellenos controlados, cuya función será alcanzar las cotas requeridas para establecer la transición entre las vialidades existentes y la estructura elevada del puente.

La conformación de estos elementos deberá realizarse mediante la colocación de materiales seleccionados en capas sucesivas y su correspondiente compactación, de acuerdo con las especificaciones establecidas en el proyecto.

La estabilización de los accesos se resolverá mediante la combinación de:

- rellenos estructurales controlados;
- compactación por capas;
- geometría y pendientes de los terraplenes;
- estribos de la estructura;
- muros de concreto reforzado en los sectores donde sean requeridos;
- zonas de transición entre terraplén y estructura;
- sistemas de drenaje para evitar la acumulación de agua.

Los terraplenes trabajarán conjuntamente con los estribos tipo hueco, los cuales cumplen funciones de soporte de la superestructura y contención de los rellenos de acceso.
Asimismo, se contemplan muros de concreto reforzado en las rampas de acceso, particularmente en aquellos sectores donde las condiciones geométricas no permitan resolver la diferencia de nivel únicamente mediante taludes de terraplén.

2.9.9 Control de asentamientos y transición entre terraplén y estructura

Debido a las características geotécnicas identificadas en el sitio, se considera necesario controlar los posibles asentamientos diferenciales entre los terraplenes de acceso y la estructura del puente.

Los estratos superficiales presentan susceptibilidad a asentamientos por consolidación; por ello, las cargas estructurales principales serán transmitidas mediante cimentación profunda hacia estratos de mejores características mecánicas.

Para los accesos se contempla la ejecución de rellenos controlados y zonas de transición entre el terraplén y la estructura, con objeto de disminuir los efectos asociados a asentamientos diferenciales y mantener una transición funcional entre ambas partes de la infraestructura.

La ejecución de los rellenos deberá realizarse de manera progresiva, controlando:

- espesor de las capas;
- humedad del material;
- grado de compactación;
- geometría de los taludes;
- condiciones de drenaje;
- estabilidad durante la colocación.

2.9.10 Control de escurrimientos y protección de superficies expuestas

Durante la construcción de las plataformas, terraplenes, excavaciones y sistemas de contención se deberán implementar medidas provisionales para evitar que el agua superficial erosione los materiales expuestos o transporte sedimentos hacia el río Carrizal.

En las zonas de excavación se deberán mantener condiciones adecuadas de drenaje y evitar acumulaciones de agua que puedan incrementar las presiones sobre los sistemas de contención o disminuir la estabilidad de los taludes.

Las excavaciones próximas al cauce deberán ejecutarse evitando sobreexcavaciones que pudieran inducir procesos de socavación o pérdida de confinamiento del terreno.

De manera particular, durante la construcción de las plataformas temporales se deberá evitar la generación de geometrías abruptas en el cauce, procurando mantener transiciones graduales y controlar los materiales colocados dentro del área de trabajo.

2.9.11 Reconformación del cauce y restitución de áreas temporales

Las plataformas de trabajo construidas mediante material granular tendrán **carácter temporal**. Una vez concluidas las actividades de cimentación que requieran su utilización, se retirarán los materiales que hayan sido empleados para habilitar dichas superficies y se procederá a la **reconformación del cauce hacia su condición prevista**, evitando dejar obstrucciones o acumulaciones de material que puedan modificar innecesariamente la sección hidráulica.

La restitución deberá realizarse de manera progresiva, retirando el material granular y perfilando nuevamente las superficies intervenidas.

Posteriormente se ejecutarán las medidas de protección de margen previstas para las zonas donde se requiera controlar procesos erosivos y garantizar la estabilidad de los terrenos próximos a los apoyos.

2.9.12 Consideraciones ambientales durante la ejecución

Debido a la proximidad de las actividades de construcción con el río Carrizal, la ejecución de las plataformas temporales, tablestacado, excavaciones, retiro de materiales y conformación de las protecciones de margen deberá realizarse bajo medidas específicas de prevención y control.
Entre las principales medidas se consideran:

- delimitar físicamente las áreas de trabajo;
- limitar las plataformas temporales a las superficies estrictamente necesarias;
- evitar la disposición no controlada de materiales dentro del cauce;
- utilizar material granular adecuado para las plataformas;
- controlar el ingreso de agua a las excavaciones;
- mantener sistemas de conducción y control de escurrimientos;
- evitar que los acopios de suelo queden expuestos a escurrimientos directos hacia el río;

- implementar barreras o sistemas de control de sedimentos cuando exista riesgo de arrastre;
- evitar sobreexcavaciones en las proximidades del cauce;
- mantener condiciones adecuadas de estabilidad de las plataformas;
- retirar oportunamente los materiales sobrantes;
- prevenir derrames de combustibles, aceites, concreto u otros materiales;
- mantener en condiciones adecuadas los equipos que operen próximos al agua;
- realizar la reconformación del cauce una vez retiradas las plataformas temporales;
- restituir las superficies temporalmente intervenidas;
- ejecutar las protecciones de margen conforme a la geometría prevista por el proyecto.

Estas medidas permitirán reducir el riesgo de erosión, arrastre de sedimentos, contaminación del agua y alteraciones innecesarias de la sección hidráulica durante la ejecución de las obras. Las plataformas temporales y sus accesos se plantean específicamente como soluciones constructivas provisionales, mientras que las protecciones de margen y los elementos asociados a los apoyos formarán parte de las soluciones de estabilización previstas para el entorno definitivo del puente.

Tabla 11 *Resumen de soluciones*

Elemento	Característica principal	Carácter
Plataforma de trabajo P2-P3	Material granular, cota aproximada +4.50 msnm	Temporal
Encepados	Cota inferior aproximada +4.00 msnm	Permanente
Tablestacado de construcción	Contención de excavaciones y control del agua	Temporal/constructivo
Coronación del tablestacado	Aproximadamente +6.00 msnm en la solución de plataforma	Constructivo
Taludes plataforma	2H:1V	Temporal
Separación plataforma-encepado	Mínimo 5.00 m	Criterio de construcción
Protección margen izquierda	Talud 2H:1V desde +6.00 msnm	Definitiva
Protección margen derecha	Talud 1.5H:1V desde +6.00 msnm	Definitiva
Protección de margen	Enrocado en entorno de apoyos	Definitiva
Parte superior de encepados	Aproximadamente +7.00 msnm	Permanente
Reconformación del cauce	Retiro de material de plataforma y restitución	Posterior a construcción
Gasto hidráulico de diseño	1,054.3 m^3/s, Tr = 100 años	Diseño hidráulico
Incremento máximo de velocidad	0.06 m/s respecto a condición sin proyecto	Resultado hidráulico

MANIFESTACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL MODALIDAD REGIONAL PARA EL: "PROYECTO INTEGRAL VILLAHERMOSA 2030, PUENTE CARRIZAL"

CAPÍTULO II

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

Autorizó	Responsable de la información	Elaboró

ÍNDICE

CAPÍTULO 2. VINCULACIÓN CON LOS ORDENAMIENTOS JURÍDICOS APLICABLES EN MATERIA AMBIENTAL Y, EN SU CASO, CON LA REGULACIÓN DEL USO DE SUELO 10
2.1. Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente (LGEEPA) 12
2.2. Reglamento de la LGEEPA en Materia de Evaluación del Impacto Ambiental (R-LGEEPA-IA) 14
2.3. Programas de Ordenamiento Ecológico del Territorio 16
2.3.1. Programa de Ordenamiento Ecológico General del Territorio (POEGT) 16
2.3.2. Programa Nacional de Ordenamiento Territorial y Desarrollo Urbano 2026–2030 (PNOTDU) 27
2.3.3. Programa Estatal de Ordenamiento Territorial y Desarrollo Urbano de Tabasco 30
2.3.4. Programa de Ordenamiento Ecológico Regional del Estado de Tabasco (POERET) 38
2.4. Programas y/o Planes de Desarrollo Urbano 47
2.4.1. Programa Municipal de Desarrollo Urbano de Nacajuca, Tabasco 47
2.4.2. Programa Municipal de Desarrollo Urbano de Centro 49
2.4.3. Programa Parcial de Desarrollo Urbano del Distrito XIII “Loma de Caballo” 52
2.5. Decretos y programas de conservación y manejo de las áreas naturales protegidas 55
2.5.1. Áreas Naturales Protegidas 55
2.5.2. Áreas de Importancia para la Conservación de las Aves 57
2.5.3. Regiones Terrestres Prioritarias 59
2.5.4. Regiones Hidrológicas Prioritarias 60
2.5.5. Regiones Marinas Prioritarias 62
2.5.6. Sitios Ramsar 63
2.5.7. Unidades de Manejo para la Conservación de la Vida Silvestre 64
2.6. Normas Oficiales Mexicanas 66
2.6.1. Norma Oficial Mexicana que establece los límites máximos permisibles de emisión de ruido proveniente del escape de los vehículos automotores, motocicletas y triciclos motorizados en circulación y su método de medición. 67
2.6.2. Norma Oficial Mexicana NOM-081-SEMARNAT-1994 Que Establece los Límites Máximos Permisibles de Emisión de Ruido de las Fuentes Fijas y su Método de Medición. 67
2.6.3. Norma Oficial Mexicana NOM-011-STPS-2001, Condiciones de seguridad e higiene en los centros de trabajo donde se genere ruido. 68



2.6.4. Norma Oficial Mexicana NOM-041-SEMARNAT-2015, Que establece los límites máximos permisibles de emisión de gases contaminantes provenientes del escape de los vehículos automotores en circulación que usan gasolina como combustible. 69

2.6.5. Norma Oficial Mexicana NOM-045-SEMARNAT-2017, Protección ambiental. - Vehículos en circulación que usan diésel como combustible. - Límites máximos permisibles de opacidad, procedimiento de prueba y características técnicas del equipo de medición. 70

2.6.6. Norma Oficial Mexicana NOM-025-SSA1-2021, Salud ambiental. Criterio para evaluar la calidad del aire ambiente, con respecto a las partículas suspendidas PM10 y PM2.5. Valores normados para la concentración de partículas suspendidas PM10 y PM2.5 en el aire ambiente, como medida de protección a la salud de la población. 71

2.6.7. Norma Oficial Mexicana NOM-022-SSA1-2019, Salud ambiental. Criterio para evaluar la calidad del aire ambiente, con respecto al dióxido de azufre SO_2. Valores normados para la concentración de dióxido de azufre SO_2 en el aire ambiente, como medida de protección a la salud de la población. 73

2.6.8. Norma Oficial Mexicana NOM-023-SSA1-2021, Salud ambiental. Criterio para evaluar la calidad del aire ambiente, con respecto al dióxido de nitrógeno NO_2. Valores normados para la concentración de dióxido de nitrógeno (NO_2) en el aire ambiente, como medida de protección a la salud de la población. 74

2.6.9. Norma Oficial Mexicana NOM-020-SSA1-2021, Salud ambiental. Criterio para evaluar la calidad del aire ambiente, con respecto al ozono O_3. Valores normados para la concentración de ozono O_3 en el aire ambiente, como medida de protección a la salud de la población. 75

2.6.10. Norma Oficial Mexicana NOM-021-SSA1-2021, Salud ambiental. Criterio para evaluar la calidad del aire ambiente, con respecto al monóxido de carbono (CO). Valores normados para la concentración de monóxido de carbono (CO) en el aire ambiente, como medida de protección a la salud de la población. 76

2.6.11. Norma Oficial Mexicana NOM-052-SEMARNAT-2005, Que establece las características, el procedimiento de identificación, clasificación y los listados de los residuos peligrosos. 77

2.6.12. 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. 78

2.6.13. Norma Oficial Mexicana NOM-138-SEMARNAT/SSA1-2012, Límites máximos permisibles de hidrocarburos en suelos y lineamientos para el muestreo en la caracterización y especificaciones para la remediación. 80

2.6.14. Norma Oficial Mexicana NOM-001-SEMARNAT-2021, Que establece los límites permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en cuerpos receptores propiedad de la nación. 84

2.6.15. Norma Oficial Mexicana NOM-002-SEMARNAT-1996, Que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales a los sistemas de alcantarillado urbano o municipal. 86

2.6.16. Norma Oficial Mexicana NOM-127-SSA1-2021, Agua para uso y consumo humano. Límites permisibles de la calidad del agua. 87

2.7. Otros instrumentos 91

2.7.1. Constitución Política y Tratados Internacionales donde México se encuentra adscrito 91

2.7.2. Tratados Internacionales donde México se encuentra adscrito 92

2.8. Leyes y Reglamentos en Materia Ambiental 106

2.8.1. Ley De Vías Generales de Comunicación 106

2.8.2. Ley General de Vida Silvestre (LGVS) 106

2.8.3. Reglamento de la Ley General de Vida Silvestre (R-LGVS) 108

2.8.4. Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable (LGDFS) 109

2.8.5. Reglamento de la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable 111

2.8.6. Ley de Aguas Nacionales (LAN) 112

2.8.7. Reglamento de la Ley de Aguas Nacionales 114

2.8.8. Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos 117

2.8.9. Reglamento de la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos 118

2.8.10. Ley General de Cambio Climático 120

2.8.11. Reglamento de la Ley General de Cambio Climático en Materia del Registro Nacional de Emisiones 121

2.8.12. Ley Federal de Responsabilidad Ambiental 122

2.8.13. Ley Federal sobre Monumentos y Zonas Arqueológicos, Artísticos e Históricos 123

2.8.14. Código Penal Federal 124

2.8.15. Ley de Protección Ambiental del Estado de Tabasco 125

2.8.16. Ley de Obras Públicas y Servicios Relacionados con las Mismas del Estado de Tabasco 127

2.8.17. Ley de Asentamientos Humanos, Ordenamiento Territorial y Desarrollo Urbano del Estado de Tabasco 129

2.9. Planes y Estrategias Nacionales 131

2.9.1. Plan Nacional de Desarrollo. Planeación para el Desarrollo con Enfoque de Agenda 2030 131

2.9.2. Estrategia Nacional de Ordenamiento Territorial 2020–2040 135

2.9.3. Estrategia Nacional de Cambio Climático, Visión 10–20–40 137
2.9.4. Programa Sectorial de Medio Ambiente y Recursos Naturales 2025–2030 138
2.9.5. Programa Nacional de Restauración Ambiental 2025–2030 140
2.10. Localidades con población indígena en las que incide el sitio de intervención del proyecto y/o su zona de influencia 141

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación del "Proyecto Integral Villahermosa 2030, Puente Carrizal" en la UAB 135 "Planicies Aluviales del Occidente de Tabasco" y su relación espacial con la UAB 76 "Llanuras Fluviodeltaicas de Tabasco". 20
Figura 2. Ubicación del "Proyecto Integral Villahermosa 2030, Puente Carrizal" en la Unidad de Gestión Ambiental CEN_APS_117. 39
Figura 3. Ubicación del proyecto respecto al Programa Municipal de Desarrollo Urbano de Nacajuca, Tabasco 48
Figura 4. Ubicación del proyecto respecto al Programa Municipal de Desarrollo Urbano de Centro, Tabasco 50
Figura 5. Ubicación del "Proyecto Integral Villahermosa 2030, Puente Carrizal" respecto de las Áreas Naturales Protegidas. 56
Figura 6. Ubicación del "Proyecto Integral Villahermosa 2030, Puente Carrizal" respecto de las Áreas de Importancia para la Conservación de las Aves. 58
Figura 7. Ubicación del "Proyecto Integral Villahermosa 2030, Puente Carrizal" respecto de las Regiones Terrestres Prioritarias. 60
Figura 8. Ubicación del "Proyecto Integral Villahermosa 2030, Puente Carrizal" respecto de las Regiones Hidrológicas Prioritarias. 61
Figura 9. Ubicación del proyecto respecto de las Regiones Marinas Prioritarias 63
Figura 10. Ubicación del proyecto respecto de Sitios Ramsar 64
Figura 11. Ubicación del proyecto respecto de las Unidades de Manejo para la Conservación de la Vida Silvestre 65

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Vinculación con la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA) 12
Tabla 2. Vinculación con el Reglamento de la LGEEPA en Materia de Evaluación del Impacto Ambiental 15
Tabla 3. Lineamientos Ecológicos 17
Tabla 4. Dimensiones del proyecto en la UAB 135. 20
Tabla 5. Características de la UAB. 20
Tabla 6. Vinculación con las estrategias ecológicas del POEGT 21
Tabla 7. Vinculación con el PNOTDU 2026–2030 28
Tabla 8. Caracterización territorial del área del proyecto 31
Tabla 9. Vinculación con la Política de Consolidación 32
Tabla 10. Vinculación con los lineamientos territoriales 33
Tabla 11. Congruencia territorial de las obras 34
Tabla 12. Vinculación del proyecto con las condicionantes territoriales y ambientales 35
Tabla 13. Ejes de vinculación territorial del Proyecto Integral Villahermosa 2030, Puente Carrizal 37
Tabla 14. Unidad de Gestión Ambiental del POERET vinculada con el proyecto 40
Tabla 15. Vinculación del "Proyecto Integral Villahermosa 2030, Puente Carrizal" con los criterios generales de regulación ecológica del POERET 43
Tabla 16. Vinculación con los criterios aplicables a los asentamientos humanos 44
Tabla 17. Medidas de cumplimiento y vinculación con el POERET 45
Tabla 18. Vinculación del proyecto con el Programa Municipal de Desarrollo Urbano de Centro 50
Tabla 19. Vinculación del proyecto con el Programa Parcial de Desarrollo Urbano del Distrito XIII "Loma de Caballo" 54
Tabla 20. Vinculación con la NOM-080-SEMARNAT-1994 67
Tabla 21. Vinculación con la NOM-081-SEMARNAT-1994 67
Tabla 22. Vinculación con la NOM-011-STPS-2001 68
Tabla 23. Vinculación con la NOM-041-SEMARNAT-2015 69
Tabla 24. Vinculación con la NOM-045-SEMARNAT-2017 70
Tabla 25. Vinculación con la NOM-025-SSA1-2021 71
Tabla 26. Vinculación con la NOM-022-SSA1-2019 73
Tabla 27. Vinculación con la NOM-023-SSA1-2021 74
Tabla 28. Vinculación con la NOM-020-SSA1-2021 75
Tabla 29. Vinculación con la NOM-021-SSA1-2021 76
Tabla 30. Vinculación con la NOM-052-SEMARNAT-2005 77
Tabla 31. Vinculación con la NOM-059-SEMARNAT-2010 79
Tabla 32. Hidrocarburos que deberán analizarse en función del producto contaminante 80
Tabla 33. Límites máximos permisibles para fracciones de hidrocarburos en suelo 81
Tabla 34. Límites máximos permisibles para hidrocarburos específicos en suelo 81
Tabla 35. Número mínimo de puntos de muestreos de acuerdo con el área contaminada 82



Tabla 36. Recipientes para las muestras, temperatura de preservación y tiempo máximo de conservación pro tipo de suelo 83
Tabla 37. Vinculación con la NOM-138-SEMARNAT/SSA1-2012 83
Tabla 38. Vinculación con la NOM-001-SEMARNAT-2021 84
Tabla 39. Vinculación con la NOM-002-SEMARNAT-1996 86
Tabla 40. Vinculación con la NOM-127-SSA1-2021 87
Tabla 41. Vinculación con la CPEUM. 91
Tabla 42. Vinculación con el Acuerdo de Escazú. 92
Tabla 43. Vinculación con el Protocolo de Kioto de la CMNUCC. 94
Tabla 44. Vinculación del proyecto con el Acuerdo de París 95
Tabla 45. Vinculación del proyecto con la CITES 96
Tabla 46. Vinculación del proyecto con el Convenio sobre la Diversidad Biológica 97
Tabla 47. Vinculación del proyecto con los Objetivos de Desarrollo Sostenible 99
Tabla 48. Vinculación del proyecto con el Convenio 169 de la OIT sobre Pueblos Indígenas y Tribales en Países Independientes. 102
Tabla 49. Vinculación del Proyecto Integral Villahermosa 2030, Puente Carrizal, con la Convención. 104
Tabla 50. Vinculación con la Ley de Vías Generales de Comunicación 106
Tabla 51. Vinculación del proyecto con la Ley General de Vida Silvestre (LGVS) 107
Tabla 52. Vinculación con el Reglamento de la Ley General de Vida Silvestre 109
Tabla 53. Vinculación del proyecto con la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable 110
Tabla 54. Vinculación del proyecto con el Reglamento de la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable 111
Tabla 55. Vinculación con la Ley de Aguas Nacionales 113
Tabla 56. Vinculación con el Reglamento de la Ley de Aguas Nacionales 115
Tabla 57. Vinculación con la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos 117
Tabla 58. Vinculación con el Reglamento de la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos 118
Tabla 59. Vinculación con la Ley General de Cambio Climático 120
Tabla 60. Vinculación con el Reglamento de la Ley General de Cambio Climático en Materia del Registro Nacional de Emisiones 121
Tabla 61. Vinculación con la Ley Federal de Responsabilidad Ambiental 122
Tabla 62. Vinculación con la Ley Federal sobre Monumentos y Zonas Arqueológicos, Artísticos e Históricos 123
Tabla 63. Vinculación con el Código Penal Federal 124
Tabla 64. Vinculación con la Ley de Protección Ambiental del Estado de Tabasco 125
Tabla 65. Vinculación con la Ley de Obras Públicas y Servicios Relacionados con las Mismas del Estado de Tabasco 127
Tabla 66. Vinculación con la Ley de Asentamientos Humanos, Ordenamiento Territorial y Desarrollo Urbano del Estado de Tabasco 129

Tabla 67. Vinculación del Proyecto Integral Villahermosa 2030, Puente Carrizal, con el Plan Nacional de Desarrollo 2025–2030 132
Tabla 68. Vinculación del Proyecto Integral Villahermosa 2030, Puente Carrizal, con la ENOT 2020–2040 135
Tabla 69. Vinculación con la Actualización de la Estrategia Nacional de Cambio Climático, Visión 10–20–40 137
Tabla 70. Vinculación con el Programa Sectorial de Medio Ambiente y Recursos Naturales 2025–2030 139
Tabla 71. Vinculación con el Programa Nacional de Restauración Ambiental 2025–2030 140
Tabla 72. Localidades con población indígena en las que incide el sitio de intervención del proyecto y/o su zona de influencia. 142

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

En México existe un marco jurídico que regula la planeación, autorización, construcción, operación y mantenimiento de las obras públicas y privadas que pueden producir efectos sobre el ambiente. Su observancia implica atender los términos, requisitos, restricciones, procedimientos y plazos establecidos en los instrumentos jurídicos y de planeación aplicables.

Bajo esta directriz, las obras del "Proyecto Integral Villahermosa 2030, Puente Carrizal" comprendidas en la presente Manifestación de Impacto Ambiental se someten al Procedimiento de Evaluación del Impacto Ambiental ante la Dirección General de Impacto y Riesgo Ambiental de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. En consecuencia, este capítulo establece su vinculación con los instrumentos de planeación, ordenamientos jurídicos y disposiciones ambientales aplicables.

El análisis comprende exclusivamente las obras y superficies incluidas en la presente MIA, correspondientes a la construcción del puente y sus componentes asociados, entre ellos cimentaciones, pilas, estribos, superestructura, accesos, obras hidráulicas y de drenaje, protecciones, instalaciones auxiliares y áreas de ocupación permanente y temporal necesarias para su ejecución. La vinculación se realiza considerando la localización, características constructivas, dimensiones, etapas de desarrollo e interacción de las obras con el cauce, las riberas, la zona federal y los componentes ambientales del área de estudio.

Para sustentar la congruencia jurídica y territorial del proyecto se identificaron las obligaciones, prohibiciones, restricciones, autorizaciones y medidas de protección previstas en los instrumentos aplicables. Asimismo, se reconocieron los sujetos que intervienen en el procedimiento: la promovente, como responsable de presentar la MIA y cumplir las medidas ambientales; la autoridad evaluadora, encargada de analizar y resolver el proyecto, y la población interesada o potencialmente afectada, cuyos derechos a la participación, información y protección de un medio ambiente sano serán respetados durante el procedimiento.

La fundamentación y motivación de la vinculación consideran criterios jurídicos, técnicos, ambientales, biológicos, hidrológicos y territoriales, así como los siguientes principios del Derecho Ambiental y Constitucional:

Principio de jerarquía normativa.

- Principio de legalidad.
- Principio de seguridad y certeza jurídica.
- Principio de prevención.



- Principio de precaución.
- Principio de responsabilidad ambiental.
- Principio de quien contamina paga.
- Principio de desarrollo sustentable.
- Principio de equidad intergeneracional.
- Principio de participación social.
- Principio de acceso a la información ambiental.
- Principio *pro natura*.
- Principio de protección y conservación de la biodiversidad.
- Principio de beneficio social.

La determinación de los instrumentos vinculantes parte del derecho reconocido en el artículo 4.º de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, conforme al cual toda persona tiene derecho a un medio ambiente sano para su desarrollo y bienestar. A partir de este fundamento se analizaron los tratados internacionales ratificados por México, las leyes generales y federales, sus reglamentos, la legislación estatal y municipal y las demás disposiciones relacionadas con la evaluación del impacto ambiental, las aguas nacionales, la protección de los ecosistemas, la biodiversidad, los residuos, las emisiones, el ruido, el ordenamiento territorial y el desarrollo urbano.

También se consideraron los programas de ordenamiento ecológico y territorial aplicables en los ámbitos federal, estatal, regional y municipal; los programas de desarrollo urbano; las declaratorias y programas de manejo de las áreas naturales protegidas; los instrumentos de protección de cuerpos de agua, humedales y zonas de valor ambiental, así como las Normas Oficiales Mexicanas que establecen especificaciones técnicas y límites máximos permisibles para prevenir y controlar los impactos derivados de la preparación del sitio, construcción, operación y mantenimiento del proyecto.

La vinculación permitirá demostrar la congruencia del proyecto con el marco jurídico aplicable y establecer las acciones mediante las cuales se cumplirá cada disposición. El diseño y la ejecución de las obras incorporarán medidas para prevenir, mitigar, controlar, compensar y, cuando corresponda, restaurar los impactos ambientales identificados. Asimismo, se tramitarán las autorizaciones, permisos, concesiones y opiniones técnicas aplicables antes de realizar las actividades sujetas a dichos actos administrativos.

Con el desarrollo de este capítulo se acredita la observancia de la política ambiental nacional y de los principios establecidos en el artículo 15 de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente. De esta manera, la ejecución del proyecto se realizará bajo criterios de prevención, protección ambiental, aprovechamiento sustentable de los recursos naturales, responsabilidad y participación social, asegurando que las obras comprendidas en la MIA se ajusten a las condiciones que determine la autoridad ambiental.

2.1. Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente (LGEEPA)

La Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente es reglamentaria de las disposiciones constitucionales relativas a la preservación y restauración del equilibrio ecológico y a la protección del ambiente. Fue publicada en el Diario Oficial de la Federación el 28 de enero de 1988 y su última reforma fue publicada el 19 de enero de 2026.

El "Proyecto Integral Villahermosa 2030, Puente Carrizal" comprende la construcción de infraestructura vial sobre el río Carrizal, incluyendo accesos, cimentaciones, pilas, estribos, superestructura, obras hidráulicas, drenaje y superficies de ocupación temporal y permanente. Debido a que se ejecutarán obras civiles dentro de un río y su zona federal, el proyecto se encuentra sujeto al Procedimiento de Evaluación del Impacto Ambiental federal.

Tabla 1. Vinculación con la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA)

Artículo / fundamento	Texto del artículo	Vinculación con el proyecto
Artículo 1, fracciones I y V	"La presente Ley es reglamentaria de las disposiciones de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos que se refieren a la preservación y restauración del equilibrio ecológico, así como a la protección al ambiente […] y tiene por objeto propiciar el desarrollo sustentable y establecer las bases para: I.- Garantizar el derecho de toda persona a vivir en un medio ambiente sano para su desarrollo, salud y bienestar […] V.- El aprovechamiento sustentable, la preservación y, en su caso, la restauración del suelo, el agua y los demás recursos naturales, de manera que sean compatibles la obtención de beneficios económicos y las actividades de la sociedad con la preservación de los ecosistemas."	El proyecto se diseñará y ejecutará con medidas dirigidas a prevenir y reducir sus efectos sobre el río Carrizal, la calidad del agua, el suelo, la vegetación ribereña, la fauna y el paisaje. La infraestructura permitirá mejorar la conectividad y movilidad urbana, manteniendo criterios de protección ambiental y funcionalidad hidráulica.
Artículo 15, fracciones III, IV y VI	"III.- Las autoridades y los particulares deben asumir la responsabilidad de la protección del equilibrio ecológico; IV.- Quien realice obras o actividades que afecten o puedan afectar el ambiente, está obligado a prevenir, minimizar o reparar los daños que cause, así como a asumir los costos que dicha afectación implique […] VI.- La prevención de las causas que los generan, es el medio más eficaz para evitar los desequilibrios ecológicos."	El promovente asumirá la responsabilidad ambiental derivada de la preparación del sitio, construcción y operación del puente. Para ello, se aplicarán medidas de prevención, mitigación, compensación, restauración y seguimiento relacionadas con el manejo de residuos, control de derrames, protección de la flora y fauna, estabilidad de las márgenes, control de sedimentos, conservación del flujo hidráulico y restauración de las superficies ocupadas temporalmente.
Artículo 28, fracciones I y X	"La evaluación del impacto ambiental es el procedimiento a través del cual la Secretaría establece las condiciones a que se sujetará la realización de obras y actividades que puedan causar desequilibrio ecológico […] quienes pretendan llevar a cabo alguna de las siguientes obras o actividades,	El proyecto se vincula directamente con la fracción X, ya que contempla obras civiles dentro y sobre el río Carrizal, así como en sus márgenes y zona federal. También se relaciona con la fracción I por incluir infraestructura vial y obras hidráulicas asociadas al cruce. En consecuencia, el proyecto se somete al

Artículo / fundamento	Texto del artículo	Vinculación con el proyecto
	requerirán previamente la autorización en materia de impacto ambiental de la Secretaría: I.- Obras hidráulicas, vías generales de comunicación […] X.- Obras y actividades en humedales, ecosistemas costeros, lagunas, ríos, lagos y esteros conectados con el mar, así como en sus litorales o zonas federales.”	Procedimiento de Evaluación del Impacto Ambiental mediante una Manifestación de Impacto Ambiental, modalidad regional, y las obras no se iniciarán hasta obtener la autorización correspondiente de la SEMARNAT.
Artículo 30	“Para obtener la autorización a que se refiere el artículo 28 de esta Ley, los interesados deberán presentar a la Secretaría una manifestación de impacto ambiental, la cual deberá contener, por lo menos, una descripción de los posibles efectos en el o los ecosistemas que pudieran ser afectados por la obra o actividad de que se trate, considerando el conjunto de los elementos que conforman dichos ecosistemas, así como las medidas preventivas, de mitigación y las demás necesarias para evitar y reducir al mínimo los efectos negativos sobre el ambiente.”	La Manifestación de Impacto Ambiental, modalidad regional, describirá las obras y actividades del puente y evaluará sus posibles efectos sobre el Sistema Ambiental Regional. El estudio incluirá los impactos sobre el río Carrizal, la dinámica hidráulica, el suelo, la calidad del agua, la vegetación, la fauna, el paisaje y el medio socioeconómico, así como las medidas necesarias para prevenir, mitigar, compensar y restaurar las afectaciones identificadas.
Artículo 34	“Una vez que la Secretaría reciba una manifestación de impacto ambiental e integre el expediente a que se refiere el artículo 35, pondrá ésta a disposición del público, con el fin de que pueda ser consultada por cualquier persona.”	La Manifestación de Impacto Ambiental formará parte del expediente administrativo y será puesta a disposición del público conforme al procedimiento establecido por la LGEEPA. El promovente publicará el extracto del proyecto cuando corresponda y proporcionará la información técnica y ambiental requerida para los mecanismos de consulta o participación pública que determine la SEMARNAT.
Artículo 35	“Una vez presentada la manifestación de impacto ambiental, la Secretaría iniciará el procedimiento de evaluación […] Asimismo, para la autorización a que se refiere este artículo, la Secretaría deberá evaluar los posibles efectos de dichas obras o actividades en el o los ecosistemas de que se trate, considerando el conjunto de elementos que los conforman y no únicamente los recursos que, en su caso, serían sujetos de aprovechamiento o afectación.”	La SEMARNAT evaluará integralmente los efectos del proyecto sobre el Sistema Ambiental Regional y podrá autorizarlo en los términos solicitados, autorizarlo de manera condicionada o negar la autorización. En caso de obtener una autorización condicionada, el promovente cumplirá las medidas adicionales, modificaciones, requerimientos y condicionantes establecidos por la autoridad.
Artículo 35 Bis 1	“Las personas que presten servicios de impacto ambiental, serán responsables ante la Secretaría de los informes preventivos, manifestaciones de impacto ambiental y estudios de riesgo que elaboren, quienes declararán bajo protesta de decir verdad que en ellos se incorporan las mejores técnicas y metodologías existentes, así como la información y medidas de prevención y mitigación más efectivas.”	La Manifestación de Impacto Ambiental será elaborada y suscrita bajo protesta de decir verdad por los responsables técnicos. La información presentada se sustentará en estudios topográficos, geotécnicos, hidrológicos, hidráulicos, de socavación, flora, fauna y demás elementos técnicos relacionados con el proyecto.

Artículo / fundamento	Texto del artículo	Vinculación con el proyecto
Artículo 79, fracciones I, III y VIII	"Para la preservación y aprovechamiento sustentable de la flora y fauna silvestre, se considerarán los siguientes criterios: I.- La preservación y conservación de la biodiversidad y del hábitat natural de las especies de flora y fauna […] III.- La preservación de las especies endémicas, amenazadas, en peligro de extinción o sujetas a protección especial […] VIII.- El fomento del trato digno y respetuoso a las especies animales, con el propósito de evitar la crueldad en contra de éstas."	Antes y durante la construcción se realizarán recorridos para identificar fauna y vegetación susceptibles de afectación. Se delimitarán las superficies de obra y se aplicarán medidas de ahuyentamiento, rescate y reubicación cuando resulte procedente. También se prohibirá la captura, caza, extracción, posesión o daño de fauna silvestre y se protegerán las especies incluidas en alguna categoría de riesgo.
Artículo 117, fracciones I y II	"Para la prevención y control de la contaminación del agua se considerarán los siguientes criterios: I. La prevención y control de la contaminación del agua, es fundamental para evitar que se reduzca su disponibilidad y para proteger los ecosistemas del país; II. Corresponde al Estado y la sociedad prevenir la contaminación de ríos, cuencas, vasos, aguas marinas y demás depósitos y corrientes de agua, incluyendo las aguas del subsuelo."	Durante la construcción se evitará el depósito de residuos, sedimentos, concreto, combustibles, aceites, lubricantes o sustancias contaminantes en el río Carrizal. Las áreas para almacenamiento de materiales y sustancias estarán acondicionadas y contarán con medidas de contención. Asimismo, se mantendrá la continuidad hidráulica del cauce y se aplicarán medidas para controlar la erosión y el arrastre de sedimentos.
Artículo 134, fracciones I y II	"Para la prevención y control de la contaminación del suelo, se considerarán los siguientes criterios: I. Corresponde al Estado y la sociedad prevenir la contaminación del suelo; II. Deben ser controlados los residuos en tanto que constituyen la principal fuente de contaminación de los suelos."	Los residuos sólidos urbanos, de manejo especial y peligrosos se separarán, almacenarán temporalmente y entregarán a prestadores de servicios o sitios autorizados. Los combustibles, aceites y lubricantes se manejarán en áreas impermeables y protegidas. En caso de derrame se aplicarán inmediatamente acciones de contención, limpieza y disposición de los materiales contaminados.

2.2. Reglamento de la LGEEPA en Materia de Evaluación del Impacto Ambiental (R-LGEEPA-IA)

El Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en Materia de Evaluación del Impacto Ambiental tiene por objeto reglamentar la LGEEPA en materia de evaluación del impacto ambiental en el ámbito federal. Fue publicado en el Diario Oficial de la Federación el 30 de mayo de 2000 y su última reforma fue publicada el 31 de octubre de 2014.

El "Proyecto Integral Villahermosa 2030, Puente Carrizal" comprende la construcción de un puente vehicular sobre el río Carrizal, incluyendo sus accesos, cimentaciones, pilas, estribos, superestructura, obras hidráulicas y de drenaje, así como superficies de ocupación temporal y permanente. Debido a que se realizarán obras civiles dentro del río, sus márgenes y zona federal, el proyecto se somete al Procedimiento de Evaluación del Impacto Ambiental mediante una Manifestación de Impacto Ambiental, modalidad regional.

Tabla 2. Vinculación con el Reglamento de la LGEEPA en Materia de Evaluación del Impacto Ambiental

Artículo / fundamento	Texto del artículo	Vinculación con el proyecto
Artículo 5, inciso B	"Quienes pretendan llevar a cabo alguna de las siguientes obras o actividades, requerirán previamente la autorización de la Secretaría en materia de impacto ambiental: […] B) VÍAS GENERALES DE COMUNICACIÓN: Construcción de carreteras, autopistas, puentes o túneles federales vehiculares o ferroviarios; puertos, vías férreas, aeropuertos, helipuertos, aeródromos e infraestructura mayor para telecomunicaciones que afecten áreas naturales protegidas o con vegetación forestal, selvas, vegetación de zonas áridas, ecosistemas costeros o de humedales y cuerpos de agua nacionales […]".	El proyecto contempla la construcción de un puente vehicular sobre el río Carrizal. La vinculación con este inciso procederá en caso de que la obra sea reconocida como puente federal o como parte de una vía general de comunicación de jurisdicción federal. El proyecto no se encuentra en la excepción del subinciso b), debido a que no corresponde a trabajos de mantenimiento o rehabilitación dentro de un derecho de vía existente, sino a la construcción de infraestructura nueva.
Artículo 5, inciso R, fracción I	"R) OBRAS Y ACTIVIDADES EN HUMEDALES, MANGLARES, LAGUNAS, RÍOS, LAGOS Y ESTEROS CONECTADOS CON EL MAR, ASÍ COMO EN SUS LITORALES O ZONAS FEDERALES: I. Cualquier tipo de obra civil, con excepción de la construcción de viviendas unifamiliares para las comunidades asentadas en estos ecosistemas […]".	Este supuesto resulta directamente aplicable, ya que el proyecto comprende obras civiles dentro y sobre el río Carrizal, así como en sus márgenes y zona federal. Las actividades incluyen la construcción de cimentaciones, pilas, apoyos, superestructura y obras auxiliares. En consecuencia, antes del inicio de las obras se obtendrá la autorización de la SEMARNAT en materia de impacto ambiental.
Artículo 6, fracciones I, II y III	"Las ampliaciones, modificaciones, sustituciones de infraestructura, rehabilitación y el mantenimiento de instalaciones relacionado con las obras y actividades señaladas en el artículo anterior, así como con las que se encuentren en operación, no requerirán de la autorización en materia de impacto ambiental siempre y cuando cumplan con todos los requisitos siguientes: I. Las obras y actividades cuenten previamente con la autorización respectiva o cuando no hubieren requerido de ésta; II. Las acciones por realizar no tengan relación alguna con el proceso de producción que generó dicha autorización, y III. Dichas acciones no impliquen incremento alguno en el nivel de impacto o riesgo ambiental […]".	La excepción prevista en este artículo no resulta aplicable. El proyecto corresponde a la construcción de un puente nuevo y de sus obras asociadas, con intervención directa en un cuerpo de agua nacional y su zona federal. Por tanto, no se trata exclusivamente de actividades de mantenimiento, conservación, reparación o rehabilitación de infraestructura existente y no procede solicitar la exención de la presentación de la Manifestación de Impacto Ambiental.
Artículo 9	"Los promoventes deberán presentar ante la Secretaría una manifestación de impacto ambiental, en la modalidad que corresponda, para que ésta realice la evaluación del proyecto de la obra o actividad respecto de la que se solicita autorización. La información que contenga la manifestación de impacto ambiental deberá referirse a circunstancias ambientales relevantes vinculadas con la realización del proyecto."	El promovente presenta ante la SEMARNAT la Manifestación de Impacto Ambiental del proyecto, con el objeto de que sean evaluadas las obras antes de su ejecución. El estudio incorpora la descripción técnica del puente, la delimitación del Sistema Ambiental Regional, el diagnóstico ambiental, la evaluación de impactos y las medidas de prevención, mitigación, compensación, restauración y seguimiento.

Artículo / fundamento	Texto del artículo	Vinculación con el proyecto
Artículo 10, fracción I	"Las manifestaciones de impacto ambiental deberán presentarse en las siguientes modalidades: I. Regional, o II. Particular."	El proyecto se presenta mediante una Manifestación de Impacto Ambiental, modalidad regional, considerando la interacción de las obras con el río Carrizal, la planicie aluvial, la dinámica hidráulica y los componentes ambientales del Sistema Ambiental Regional.
Artículo 11, fracciones III y IV	"Las manifestaciones de impacto ambiental se presentarán en la modalidad regional cuando se trate de: […] III. Un conjunto de proyectos de obras y actividades que pretendan realizarse en una región ecológica determinada, y IV. Proyectos que pretendan desarrollarse en sitios en los que por su interacción con los diferentes componentes ambientales regionales, se prevean impactos acumulativos, sinérgicos o residuales que pudieran ocasionar la destrucción, el aislamiento o la fragmentación de los ecosistemas."	El proyecto integra distintas obras relacionadas entre sí, incluyendo puente, accesos, cimentaciones, pilas, estribos, superestructura, drenaje, protecciones y superficies auxiliares. La modalidad regional permitirá evaluar su interacción con el río Carrizal y los demás componentes ambientales, así como los impactos directos, indirectos, acumulativos, sinérgicos y residuales.
Artículo 13, fracciones I a VIII	"La manifestación de impacto ambiental, en su modalidad regional, deberá contener la siguiente información: I. Datos generales del proyecto, del promovente y del responsable del estudio de impacto ambiental; II. Descripción de las obras o actividades y, en su caso, de los programas o planes parciales de desarrollo; III. Vinculación con los instrumentos de planeación y ordenamientos jurídicos aplicables; IV. Descripción del sistema ambiental regional y señalamiento de tendencias del desarrollo y deterioro de la región; V. Identificación, descripción y evaluación de los impactos ambientales, acumulativos y residuales, del sistema ambiental regional; VI. Estrategias para la prevención y mitigación de impactos ambientales, acumulativos y residuales, del sistema ambiental regional; VII. Pronósticos ambientales regionales y, en su caso, evaluación de alternativas, y VIII. Identificación de los instrumentos metodológicos y elementos técnicos que sustentan los resultados de la manifestación de impacto ambiental."	La Manifestación de Impacto Ambiental se integrará conforme a este artículo. Incluirá la descripción de las obras; su vinculación jurídica y territorial; la caracterización del Sistema Ambiental Regional; la evaluación de impactos ambientales, acumulativos y residuales; las medidas de prevención, mitigación, compensación y restauración; los pronósticos ambientales; y los estudios topográficos, geotécnicos, hidrológicos, hidráulicos, de socavación, flora y fauna que sustentan la evaluación.

2.3. Programas de Ordenamiento Ecológico del Territorio

2.3.1. Programa de Ordenamiento Ecológico General del Territorio (POEGT)

Por su escala y alcance, el Programa de Ordenamiento Ecológico General del Territorio (POEGT) no tiene por objeto autorizar o prohibir el uso del suelo para el desarrollo de actividades sectoriales. Cada sector cuenta con prioridades, objetivos y metas específicas; sin embargo, durante la formulación e instrumentación de sus programas, proyectos y acciones, adquiere el compromiso de orientarlos hacia el

desarrollo sustentable de las regiones, en congruencia con las prioridades establecidas por este instrumento y sin menoscabo del cumplimiento de los programas de ordenamiento ecológico regionales o locales vigentes.

La aplicación del POEGT es independiente del cumplimiento de las disposiciones derivadas de otros instrumentos de política ambiental, entre los que se encuentran las declaratorias y programas de manejo de las Áreas Naturales Protegidas, las Normas Oficiales Mexicanas y los ordenamientos ecológicos expedidos en los ámbitos estatal, regional y local. El Programa establece diez lineamientos ecológicos que expresan el estado ambiental deseable de las regiones ecológicas o Unidades Ambientales Biofísicas y que se instrumentan mediante estrategias y directrices de carácter ambiental, social y económico.

La vinculación del POEGT con el "Proyecto Integral Villahermosa 2030, Puente Carrizal" se realiza considerando la ubicación y las características de las obras comprendidas en la Manifestación de Impacto Ambiental, Modalidad Regional, así como su interacción con el río Carrizal, la vegetación, la fauna, el suelo, el paisaje y la dinámica hidrológica del Sistema Ambiental Regional. El proyecto incorporará medidas de prevención, mitigación, control, compensación y restauración que contribuirán al cumplimiento de los objetivos de protección ambiental y desarrollo sustentable establecidos por este instrumento.

A continuación, se presentan los lineamientos ecológicos del POEGT y su vinculación con las obras comprendidas en la Manifestación de Impacto Ambiental, Modalidad Regional, del "Proyecto Integral Villahermosa 2030, Puente Carrizal".

Tabla 3. Lineamientos Ecológicos

Lineamientos Ecológicos	*Vinculación*
1. Proteger y usar responsablemente el patrimonio natural y cultural del territorio, consolidando la aplicación y el cumplimiento de la normatividad en materia ambiental, desarrollo rural y ordenamiento ecológico del territorio.	El "Proyecto Integral Villahermosa 2030, Puente Carrizal" se somete al Procedimiento de Evaluación del Impacto Ambiental mediante la presentación de una Manifestación de Impacto Ambiental, Modalidad Regional, ante la DGIRA de la SEMARNAT. Las obras se limitarán a las superficies requeridas para la construcción del puente, sus rampas, accesos, estructuras e instalaciones auxiliares. Asimismo, se obtendrán las autorizaciones, permisos y concesiones aplicables y se ejecutarán medidas de prevención, mitigación, compensación y restauración para proteger el río Carrizal y los componentes ambientales del Sistema Ambiental Regional. Por lo anterior, el proyecto presenta congruencia con este lineamiento.
2. Mejorar la planeación y coordinación existente entre las distintas instancias y sectores económicos que intervienen en la instrumentación del Programa de Ordenamiento Ecológico General del Territorio, con la activa participación de la sociedad en las acciones en esta área.	El proyecto no tiene como objeto formular o instrumentar el POEGT. No obstante, su evaluación y ejecución requerirán la coordinación entre las autoridades federales, estatales y municipales competentes en materia ambiental, hidráulica, urbana, de movilidad, protección civil y servicios públicos. Asimismo, durante el Procedimiento de Evaluación del Impacto Ambiental se garantizará el acceso a la

Lineamientos Ecológicos	Vinculación
	información y la participación social conforme a las disposiciones aplicables.
3. Contar con una población con conciencia ambiental y responsable del uso sustentable del territorio, fomentando la educación ambiental a través de los medios de comunicación y sistemas de educación y salud.	Aunque el proyecto no tiene como finalidad desarrollar programas generales de educación ambiental dirigidos a la población, durante la preparación del sitio y construcción se implementará un programa de capacitación ambiental para el personal técnico, operativo y contratista. La capacitación comprenderá el manejo integral de residuos, la protección de la flora y fauna, la prevención y atención de derrames, el cuidado del río Carrizal y el cumplimiento de las medidas establecidas en la MIA-R y en la resolución ambiental. Por lo anterior, se reconoce una vinculación indirecta con este lineamiento.
4. Contar con mecanismos de coordinación y responsabilidad compartida entre los diferentes niveles de gobierno para la protección, conservación y restauración del capital natural.	El "Proyecto Integral Villahermosa 2030, Puente Carrizal" será evaluado por la DGIRA de la SEMARNAT. De manera complementaria, se realizarán las gestiones correspondientes ante la Comisión Nacional del Agua y las autoridades estatales y municipales competentes. El promovente cumplirá las medidas y condicionantes establecidas en las autorizaciones y mantendrá mecanismos de coordinación para la protección del cauce, las márgenes, la zona federal que determine la autoridad, la vegetación, la fauna y los servicios ambientales asociados al río Carrizal.
5. Preservar la flora y la fauna, tanto en su espacio terrestre como en los sistemas hídricos, a través de las acciones coordinadas entre las instituciones y la sociedad civil.	Antes del inicio de las obras se delimitarán las superficies autorizadas y se identificarán los ejemplares de flora y fauna que pudieran resultar afectados. Se ejecutarán acciones de protección, ahuyentamiento, rescate y reubicación de fauna; se prohibirán la captura, cacería, colecta o comercialización de ejemplares, y se aplicarán medidas para evitar afectaciones a la fauna acuática. La intervención del arbolado se realizará conforme a las autorizaciones aplicables y se implementarán las medidas de compensación y restauración correspondientes. Asimismo, se evitará el vertimiento de residuos, materiales, combustibles o sustancias contaminantes en el río Carrizal.
6. Promover la conservación de los recursos naturales y la biodiversidad, mediante formas de utilización y aprovechamiento sustentable que beneficien a los habitantes locales y eviten la disminución del capital natural.	El proyecto tiene como finalidad establecer una conexión vial sobre el río Carrizal y mejorar la conectividad entre los municipios de Centro y Nacajuca. Su construcción se limitará a la huella autorizada y evitará la ocupación de superficies adicionales. Asimismo, se aplicarán medidas para conservar la continuidad hidráulica del río, controlar la erosión, la socavación y el arrastre de sedimentos, así como para restaurar las superficies afectadas temporalmente. El manejo de los recursos naturales se realizará conforme a las autorizaciones aplicables, evitando afectaciones distintas de las evaluadas en la MIA-R.
7. Brindar información actualizada y confiable para la toma de decisiones en la instrumentación del ordenamiento ecológico territorial y la planeación sectorial.	El proyecto no tiene como finalidad generar o actualizar instrumentos de ordenamiento ecológico territorial o de planeación sectorial. No obstante, la MIA-R integrará información técnica sobre las características del proyecto y del Sistema Ambiental Regional, sustentada en estudios topográficos, geotécnicos, hidrológicos, hidráulicos, de socavación, vegetación, fauna y demás componentes

Lineamientos Ecológicos	Vinculación
	ambientales. Esta información permitirá a la autoridad evaluar los impactos, determinar la viabilidad ambiental del proyecto y establecer las medidas y condicionantes aplicables.
8. Fomentar la coordinación intersectorial a fin de fortalecer y hacer más eficiente al sistema económico.	La construcción y operación del puente requerirán la coordinación de los sectores de infraestructura, movilidad, medio ambiente, agua, energía, telecomunicaciones, protección civil y servicios públicos. Esta coordinación permitirá atender las interferencias con la infraestructura existente y mantener condiciones de seguridad durante la construcción. En su etapa de operación, el puente mejorará la conectividad entre ambos márgenes del río Carrizal y facilitará el acceso de la población a bienes, servicios, equipamientos y fuentes de empleo.
9. Incorporar al SINAP las áreas prioritarias para la preservación, bajo esquemas de preservación y manejo sustentable.	El proyecto no tiene como objeto identificar, decretar o incorporar áreas prioritarias al Sistema Nacional de Áreas Naturales Protegidas. En consecuencia, este lineamiento no resulta directamente aplicable al “Proyecto Integral Villahermosa 2030, Puente Carrizal”.
10. Reducir las tendencias de degradación ambiental, consideradas en el escenario tendencial del pronóstico, a través de la observación de las políticas del Ordenamiento Ecológico General del Territorio.	El proyecto incorporará medidas para prevenir y controlar los procesos de degradación ambiental asociados con la construcción del puente. Se delimitarán los frentes de trabajo; se controlarán las emisiones, el ruido, los residuos, los derrames y el arrastre de sedimentos; se protegerá la calidad del agua y se conservará la capacidad hidráulica del río Carrizal. Al concluir las obras se retirarán las instalaciones, maquinaria y materiales temporales, y las superficies afectadas serán limpiadas, estabilizadas y restauradas. Por lo anterior, el proyecto presenta congruencia con este lineamiento.

Por la ubicación geográfica del “Proyecto Integral Villahermosa 2030, Puente Carrizal” y la delimitación de su Sistema Ambiental Regional, se identifican dos Unidades Ambientales Biofísicas del Programa de Ordenamiento Ecológico General del Territorio: la UAB 76 “Llanuras Fluviodeltaicas de Tabasco” y la UAB 135 “Planicies Aluviales del Occidente de Tabasco”.

De acuerdo con el análisis cartográfico, la totalidad de las obras y superficies comprendidas en la presente Manifestación de Impacto Ambiental, Modalidad Regional, se localiza dentro de la UAB 135. La UAB 76 se encuentra dentro del contexto territorial del Sistema Ambiental Regional, pero no presenta sobreposición con la superficie del proyecto. A continuación, se muestra la ubicación del Puente Carrizal con respecto a ambas Unidades Ambientales Biofísicas.

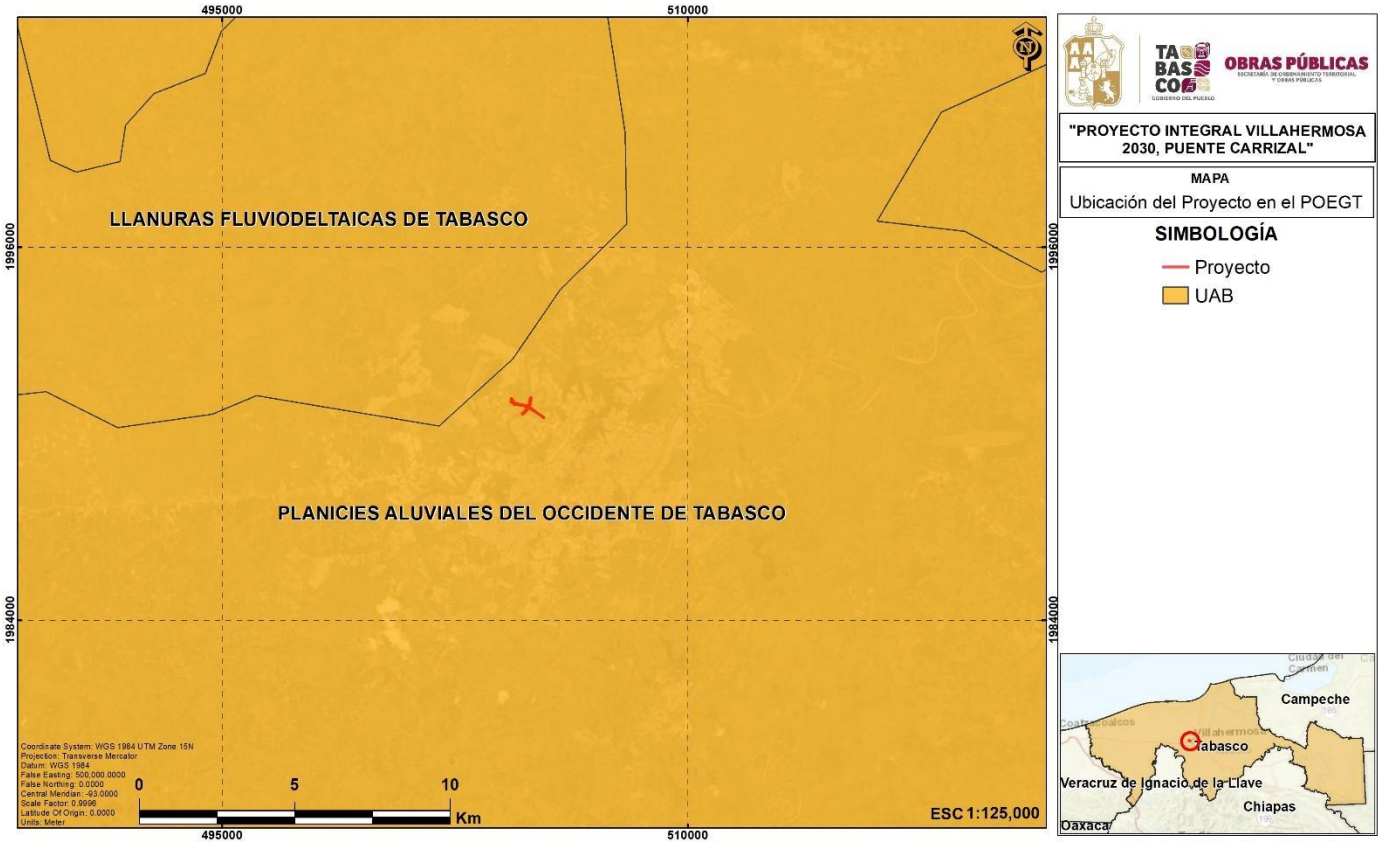


Figura 1. Ubicación del "Proyecto Integral Villahermosa 2030, Puente Carrizal" en la UAB 135 "Planicies Aluviales del Occidente de Tabasco" y su relación espacial con la UAB 76 "Llanuras Fluviodeltaicas de Tabasco".

Tabla 4. Dimensiones del proyecto en la UAB 135.

No.	UAB	Inicio	Final	Longitud en m	Longitud en km
1	135	Conjunto del Puente Carrizal, integrado por viaducto, rampas y elementos asociados	580	0.58	1
2	135	Viaducto sobre el cauce del río Carrizal	240	0.24	2

Con respecto a la UAB-135 "Planicies Aluviales del Occidente de Tabasco" se presentan las características en la siguiente tabla.

Tabla 5. Características de la UAB.

Clave de región	UAB	Rectores del desarrollo	Coadyuvantes del desarrollo	Asociados del desarrollo	Otros sectores de interés	Política ambiental	Nivel de atención prioritaria	Estrategias
18.3	135	Agricultura, Desarrollo Social y Ganadería	Industria y PEMEX	Preservación de Flora y Fauna	CFE, Forestal, Minería, SCT, Turismo y Pueblos Indígenas	Restauración y Aprovechamiento Sustentable	Alta	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 10, 12, 13, 14, 15, 15 BIS, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43 y 44

Los sectores rectores, coadyuvantes, asociados y de interés identificados para la UAB 135 expresan la orientación sectorial establecida por el POEGT y no constituyen, por sí mismos, una autorización o prohibición para el desarrollo del proyecto. La infraestructura vial se relaciona con el sector identificado en el instrumento como SCT; por lo tanto, no se advierte una incompatibilidad directa entre la orientación sectorial de la UAB y el "Proyecto Integral Villahermosa 2030, Puente Carrizal". Lo anterior no exime del cumplimiento de la normatividad ambiental, hidráulica, territorial y urbana, ni de la obtención de las autorizaciones, permisos y concesiones aplicables.

La política ambiental de "Restauración y Aprovechamiento Sustentable" se vincula con el proyecto debido a que, aunque las obras se desarrollarán dentro de un entorno urbano y periurbano previamente modificado, tendrán interacción directa con el río Carrizal y sus componentes ambientales asociados. En consecuencia, las actividades se limitarán a las superficies autorizadas; se conservará la continuidad hidráulica del río; se controlará la erosión, la socavación y el arrastre de sedimentos; se protegerán la calidad del agua, la vegetación y la fauna, y se restaurarán las áreas ocupadas temporalmente.

La UAB 135 "Planicies Aluviales del Occidente de Tabasco" tiene asignadas las estrategias que se presentan en la tabla. Su vinculación se refiere exclusivamente a las obras y actividades comprendidas en la Manifestación de Impacto Ambiental, Modalidad Regional, del "Proyecto Integral Villahermosa 2030, Puente Carrizal", incluyendo el viaducto, las rampas, los accesos, las cimentaciones, las obras complementarias y las áreas de ocupación permanente y temporal necesarias para su construcción y operación.

Tabla 6. Vinculación con las estrategias ecológicas del POEGT

UAB	Estrategia	Descripción	Vinculación
135	A) Dirigidas a la preservación	Estrategia 1. Conservación in situ de los ecosistemas y su biodiversidad.	El proyecto se desarrollará en un entorno urbano y periurbano previamente modificado; sin embargo, tendrá interacción directa con el río Carrizal y con componentes terrestres y acuáticos. Las obras se limitarán a la superficie autorizada, se conservará la vegetación que no interfiera con el proyecto y se evitarán afectaciones fuera de los frentes de trabajo. Asimismo, se aplicarán medidas de protección, rescate y reubicación de flora y fauna.
135	A) Dirigidas a la preservación	Estrategia 2. Recuperación de especies en riesgo.	El proyecto no tiene como finalidad desarrollar programas de recuperación de especies en riesgo. No obstante, con base en los resultados de la caracterización ambiental, se aplicarán medidas de protección, rescate y reubicación para las especies incluidas en la NOM-059-SEMARNAT-2010 que pudieran encontrarse en las superficies de trabajo o en su área inmediata.
135	A) Dirigidas a la preservación	Estrategia 3. Conocimiento, análisis y monitoreo de los ecosistemas y su biodiversidad.	La MIA-R incorporará la caracterización de la vegetación, la fauna, el suelo, el río Carrizal y las condiciones hidrológicas del Sistema Ambiental Regional. Durante la construcción se realizarán recorridos de supervisión y seguimiento para verificar el cumplimiento de las medidas de prevención, mitigación, compensación y restauración.
135	B) Dirigidas al aprovechamiento sustentable	Estrategia 4. Aprovechamiento sustentable de ecosistemas, especies, recursos genéticos y recursos naturales.	El proyecto no tiene como finalidad el aprovechamiento de ecosistemas, especies o recursos genéticos. Su ejecución se limitará a las superficies autorizadas y se prohibirá la extracción, captura, colecta o aprovechamiento no autorizado de flora, fauna y demás recursos naturales.
135	B) Dirigidas al aprovechamiento sustentable	Estrategia 5. Aprovechamiento sustentable de los suelos agrícolas y pecuarios.	La estrategia no resulta directamente aplicable, debido a que el proyecto no contempla actividades agrícolas o pecuarias. No obstante, se controlará el movimiento de tierras y el suelo vegetal susceptible de recuperación se conservará para utilizarlo en la restauración de las superficies ocupadas temporalmente.
135	B) Dirigidas al aprovechamiento sustentable	Estrategia 6. Modernizar la infraestructura hidroagrícola y tecnificar las superficies agrícolas.	La estrategia no resulta aplicable, debido a que el proyecto no contempla la modernización de infraestructura hidroagrícola ni la tecnificación de superficies agrícolas.

UAB	Estrategia	Descripción	Vinculación
135	B) Dirigidas al aprovechamiento sustentable	Estrategia 7. Aprovechamiento sustentable de los recursos forestales.	El proyecto no contempla el aprovechamiento comercial de recursos forestales. El arbolado que interfiera con las obras será evaluado y su poda, trasplante o retiro se realizará conforme a las autorizaciones correspondientes y a las medidas de restitución o compensación aplicables.
135	B) Dirigidas al aprovechamiento sustentable	Estrategia 8. Valoración de los servicios ambientales.	El proyecto reconoce los servicios ambientales proporcionados por el río Carrizal, la vegetación, el arbolado, el suelo y las superficies permeables. Para reducir su afectación se conservará la continuidad hidráulica del río, se evitará la ocupación de superficies adicionales y se restaurarán o compensarán las áreas y ejemplares afectados.
135	C) Dirigidas a la protección de los recursos naturales	Estrategia 10. Reglamentar el uso del agua en las principales cuencas y acuíferos para su protección.	El proyecto no tiene como objeto reglamentar o aprovechar el agua. No se realizarán aprovechamientos, ocupaciones, descargas o intervenciones en el cauce, las márgenes o la zona federal sin contar con las autorizaciones, permisos o concesiones que resulten aplicables.
135	C) Dirigidas a la protección de los recursos naturales	Estrategia 12. Protección de los ecosistemas.	Se aplicarán medidas para prevenir afectaciones al río Carrizal, la vegetación, el suelo y la fauna. Los almacenes, instalaciones provisionales y sitios de acopio se ubicarán fuera del cauce y de áreas que obstruyan el flujo del agua. Se controlarán los residuos, sedimentos, emisiones, ruido y derrames, y al concluir las obras se restaurarán las superficies ocupadas temporalmente.
135	C) Dirigidas a la protección de los recursos naturales	Estrategia 13. Racionalizar el uso de agroquímicos y promover el uso de biofertilizantes.	La estrategia no resulta directamente aplicable, debido a que el proyecto no contempla actividades agrícolas ni el uso regular de agroquímicos. Cuando se requiera el control fitosanitario de la vegetación, se utilizarán productos autorizados y se evitará su aplicación cerca del cauce.
135	D) Dirigidas a la restauración	Estrategia 14. Restauración de ecosistemas forestales y suelos agropecuarios.	Aunque el proyecto no tiene como finalidad restaurar ecosistemas forestales o suelos agropecuarios, se rehabilitarán las superficies ocupadas temporalmente. Al concluir la construcción se retirarán las instalaciones provisionales, residuos y materiales sobrantes; se estabilizará el suelo y se restablecerá la cobertura vegetal donde corresponda.
135	E) Aprovechamiento sustentable de recursos naturales no renovables y	Estrategia 15. Aplicación de los productos de la investigación en el sector minero al desarrollo económico y social y al	El proyecto no pertenece al sector minero ni contempla el aprovechamiento directo de recursos minerales. Los materiales pétreos requeridos para la construcción provendrán de bancos autorizados.

UAB	Estrategia	Descripción	Vinculación
	actividades económicas de producción y servicios	aprovechamiento sustentable de los recursos naturales no renovables.	
135	E) Aprovechamiento sustentable de recursos naturales no renovables y actividades económicas de producción y servicios	Estrategia 15 BIS. Coordinación entre los sectores minero y ambiental.	El proyecto no pertenece al sector minero. No obstante, se verificará la procedencia legal de los materiales pétreos y los proveedores acreditarán que provienen de sitios autorizados.
135	E) Aprovechamiento sustentable de recursos naturales no renovables y actividades económicas de producción y servicios	Estrategia 16. Promover la reconversión de industrias básicas para mejorar su posición en los mercados nacionales e internacionales.	La estrategia no resulta aplicable, debido a que el proyecto no contempla la reconversión o modernización de industrias básicas.
135	E) Aprovechamiento sustentable de recursos naturales no renovables y actividades económicas de producción y servicios	Estrategia 17. Impulsar el escalamiento de la producción hacia manufacturas de alto valor agregado.	La estrategia no resulta aplicable, debido a que el proyecto corresponde a infraestructura vial y no tiene como objeto impulsar procesos manufactureros.
135	E) Aprovechamiento sustentable de recursos naturales no renovables y actividades económicas de producción y servicios	Estrategia 18. Establecer mecanismos de supervisión e inspección que permitan el cumplimiento de metas y niveles de seguridad adecuados en el sector de hidrocarburos.	El proyecto no pertenece al sector de hidrocarburos, por lo que la estrategia no resulta directamente aplicable. Los combustibles y lubricantes utilizados durante la construcción serán manejados conforme a las medidas de seguridad, prevención de derrames y gestión de residuos aplicables.
135	E) Aprovechamiento sustentable de recursos naturales no renovables y actividades económicas de producción y servicios	Estrategia 19. Fortalecer la confiabilidad y seguridad energética para el suministro de electricidad en el territorio.	El proyecto contempla alumbrado y la protección, adecuación o reubicación de infraestructura eléctrica existente. Estas actividades se realizarán en coordinación con la Comisión Federal de Electricidad y los responsables de los servicios, garantizando la seguridad y continuidad del suministro.
135	E) Aprovechamiento sustentable de recursos naturales no renovables y actividades económicas de producción y servicios	Estrategia 20. Mitigar el incremento de las emisiones de gases de efecto invernadero y reducir los efectos del cambio climático.	Durante la construcción se controlarán las emisiones de vehículos, maquinaria y equipos. Se realizará mantenimiento preventivo, se evitará la operación innecesaria en vacío y se organizarán los movimientos de maquinaria y materiales para reducir el consumo de combustibles y las emisiones a la atmósfera.
135	E) Aprovechamiento sustentable de recursos naturales no renovables y actividades económicas de producción y servicios	Estrategia 21. Rediseñar los instrumentos de política hacia el fomento productivo del turismo.	El proyecto no tiene como objeto formular instrumentos de política turística. No obstante, la mejora de la conectividad vial entre los municipios de Centro y Nacajuca facilitará el acceso a los servicios, equipamientos y sitios de interés ubicados en la zona metropolitana de Villahermosa.

UAB	Estrategia	Descripción	Vinculación
135	E) Aprovechamiento sustentable de recursos naturales no renovables y actividades económicas de producción y servicios	Estrategia 22. Orientar la política turística del territorio hacia el desarrollo regional.	La estrategia no resulta directamente aplicable, debido a que el proyecto no corresponde a un programa turístico. De manera indirecta, el puente favorecerá la conectividad regional y el acceso a los equipamientos y servicios de la zona metropolitana.
135	E) Aprovechamiento sustentable de recursos naturales no renovables y actividades económicas de producción y servicios	Estrategia 23. Sostener y diversificar la demanda turística doméstica e internacional.	El proyecto no tiene como finalidad incrementar o diversificar la demanda turística. Su vinculación es indirecta, debido a que la nueva conexión vial facilitará los desplazamientos de habitantes y visitantes dentro de la zona metropolitana de Villahermosa.
135	2. Mejoramiento del sistema social e infraestructura urbana. A) Suelo urbano y vivienda	Estrategia 24. Mejorar las condiciones de vivienda y entorno de los hogares en condiciones de pobreza para fortalecer su patrimonio.	El proyecto no contempla la construcción o mejoramiento de viviendas. No obstante, el Puente Carrizal mejorará la conectividad y el acceso de la población a servicios, equipamientos y fuentes de empleo, por lo que presenta una vinculación indirecta con el mejoramiento del entorno urbano.
135	B) Zonas de riesgo y prevención de contingencias	Estrategia 25. Prevenir, mitigar y atender los riesgos naturales y antrópicos mediante acciones coordinadas entre los tres órdenes de gobierno y la sociedad civil.	La estrategia se vincula directamente con el proyecto por su ubicación sobre el río Carrizal, dentro de una planicie aluvial con niveles freáticos someros. Durante la construcción se aplicarán medidas de protección civil, señalización preventiva, control de accesos, rutas de evacuación y procedimientos de respuesta ante lluvias intensas, inundaciones, incendios, derrames, sismos y accidentes de obra.
135	B) Zonas de riesgo y prevención de contingencias	Estrategia 26. Promover el desarrollo y fortalecimiento de capacidades de adaptación al cambio climático mediante la reducción de la vulnerabilidad física y social.	El diseño estructural, hidráulico y de drenaje considerará las condiciones del río Carrizal, los niveles de inundación, la socavación y los escurrimientos superficiales. Las obras conservarán la capacidad hidráulica del río y evitarán transferir riesgos hacia predios, vialidades o asentamientos cercanos.
135	C) Agua y saneamiento	Estrategia 27. Incrementar el acceso y calidad de los servicios de agua potable, alcantarillado y saneamiento de la región.	El proyecto no tiene como objetivo incrementar la cobertura de agua potable, alcantarillado o saneamiento. Sin embargo, se identificarán, protegerán, adecuarán o reubicarán las redes de agua potable, drenaje sanitario y drenaje pluvial que interfieran con las obras, manteniendo la continuidad de los servicios.
135	C) Agua y saneamiento	Estrategia 28. Consolidar la calidad del agua en la gestión integral del recurso hídrico.	Se evitará el vertimiento de residuos, combustibles, aceites, concreto, sedimentos o aguas residuales en el río Carrizal, el suelo y las obras de drenaje. Los residuos se almacenarán temporalmente en

UAB	Estrategia	Descripción	Vinculación
			condiciones seguras y se entregarán a prestadores de servicios o sitios autorizados.
135	C) Agua y saneamiento	Estrategia 29. Posicionar el tema del agua como un recurso estratégico y de seguridad nacional.	El proyecto reconoce la importancia del río Carrizal como parte del sistema hidrológico regional. El diseño y la construcción conservarán la continuidad del flujo y la capacidad hidráulica del cauce, controlarán el arrastre de sedimentos y evitarán la obstrucción de los escurrimientos.
135	D) Infraestructura y equipamiento urbano y regional	Estrategia 30. Construir y modernizar la red carretera para ofrecer mayor seguridad y accesibilidad a la población y contribuir a la integración inter e intrarregional.	La estrategia se vincula directamente con el "Proyecto Integral Villahermosa 2030, Puente Carrizal", que comprende aproximadamente 580 m de viaducto, rampas y elementos asociados, incluidos alrededor de 240 m de viaducto sobre el río Carrizal. La obra mejorará la conexión vial entre los municipios de Centro y Nacajuca y fortalecerá la integración de la red urbana y metropolitana.
135	D) Infraestructura y equipamiento urbano y regional	Estrategia 31. Generar e impulsar las condiciones necesarias para el desarrollo de ciudades y zonas metropolitanas seguras, competitivas, sustentables, bien estructuradas y menos costosas.	El proyecto se vincula positivamente con esta estrategia al establecer una nueva conexión sobre el río Carrizal, mejorar la continuidad de la red vial y reducir los recorridos entre ambos márgenes. Asimismo, incorporará banquetas, parapetos, señalización, alumbrado, drenaje y dispositivos de seguridad.
135	D) Infraestructura y equipamiento urbano y regional	Estrategia 32. Frenar la expansión desordenada de las ciudades, dotarlas de suelo apto para el desarrollo urbano y aprovechar su dinamismo para impulsar el desarrollo regional.	El proyecto no tiene como objeto regular la expansión urbana ni constituir reservas territoriales. Su ejecución se ajustará a los instrumentos de ordenamiento territorial y desarrollo urbano aplicables y no implicará la autorización de nuevos asentamientos o cambios de uso del suelo distintos de los evaluados.
135	E) Desarrollo social	Estrategia 35. Inducir acciones de mejora de la seguridad social en la población rural para apoyar la producción rural ante impactos climatológicos adversos.	La estrategia no resulta directamente aplicable, debido a que el proyecto se localiza en un entorno urbano y periurbano y no tiene como finalidad apoyar la producción rural o establecer mecanismos de seguridad social para productores.
135	E) Desarrollo social	Estrategia 36. Promover la diversificación de las actividades productivas en el sector agroalimentario y el aprovechamiento integral de la biomasa.	La estrategia no resulta aplicable, debido a que el proyecto no contempla actividades agroalimentarias, acuícolas o de aprovechamiento de biomasa.
135	E) Desarrollo social	Estrategia 37. Integrar a mujeres, indígenas y grupos vulnerables al sector	El proyecto no tiene como finalidad desarrollar actividades productivas en núcleos agrarios o localidades rurales. Durante la contratación de

UAB	Estrategia	Descripción	Vinculación
		económico-productivo en núcleos agrarios y localidades rurales vinculadas.	personal se cumplirán los principios de igualdad y no discriminación.
135	E) Desarrollo social	Estrategia 38. Fomentar el desarrollo de capacidades básicas de las personas en condición de pobreza.	La estrategia no resulta directamente aplicable, debido a que el proyecto no corresponde a un programa educativo, de capacitación social o de combate a la pobreza.
135	E) Desarrollo social	Estrategia 39. Incentivar el uso de los servicios de salud, especialmente de las mujeres y los niños de las familias en pobreza.	La estrategia no resulta aplicable, debido a que el proyecto no tiene como finalidad promover o prestar servicios de salud.
135	E) Desarrollo social	Estrategia 40. Atender las necesidades de los adultos mayores mediante la integración social y la igualdad de oportunidades.	La estrategia no resulta directamente aplicable al objeto del proyecto. No obstante, las banquetas y accesos del puente se diseñarán con criterios de accesibilidad universal y seguridad, favoreciendo la movilidad de personas adultas mayores y personas con movilidad limitada.
135	E) Desarrollo social	Estrategia 41. Procurar el acceso a instancias de protección social a personas en situación de vulnerabilidad.	El proyecto no contempla la prestación de servicios de protección social. No obstante, su infraestructura peatonal incorporará condiciones de accesibilidad y seguridad para las personas en situación de vulnerabilidad.
135	3. Fortalecimiento de la gestión y la coordinación institucional. A) Marco jurídico	Estrategia 42. Asegurar la definición y el respeto a los derechos de propiedad rural.	Se verificará la situación jurídica de los predios, accesos, zonas de maniobra y superficies requeridas para el proyecto. Cualquier ocupación o afectación se realizará conforme a los procedimientos legales aplicables y respetando los derechos de propiedad.
135	B) Planeación del ordenamiento territorial	Estrategia 43. Integrar, modernizar y mejorar el acceso al catastro rural y a la información agraria para impulsar proyectos productivos.	La estrategia no resulta directamente aplicable, debido a que el proyecto no tiene como finalidad modernizar el catastro rural ni impulsar proyectos productivos agrarios. No obstante, los levantamientos topográficos y la revisión de la tenencia de la tierra permitirán identificar las superficies necesarias para la ejecución de las obras.
135	B) Planeación del ordenamiento territorial	Estrategia 44. Impulsar el desarrollo regional mediante acciones coordinadas entre los tres órdenes de gobierno y concertadas con la sociedad civil.	La ejecución del proyecto requerirá la coordinación de la SEMARNAT, la CONAGUA, las autoridades estatales y municipales y los organismos responsables de la infraestructura y los servicios existentes. El Puente Carrizal mejorará la conectividad entre los municipios de Centro y Nacajuca y fortalecerá la integración funcional de la zona metropolitana de Villahermosa.

2.3.2. Programa Nacional de Ordenamiento Territorial y Desarrollo Urbano 2026–2030 (PNOTDU)

El Programa Nacional de Ordenamiento Territorial y Desarrollo Urbano 2026–2030 (PNOTDU), publicado en el Diario Oficial de la Federación el 15 de abril de 2026, constituye un instrumento de planeación que orienta las acciones nacionales en materia de ordenamiento territorial, desarrollo urbano, infraestructura, movilidad, desarrollo regional, sustentabilidad y gestión integral de riesgos. Su finalidad es avanzar hacia un desarrollo territorial justo, equilibrado y sostenible, reducir las desigualdades regionales y garantizar el acceso equitativo de la población a servicios y oportunidades.

El Programa se estructura en cuatro ejes: 1) Ordenamiento Territorial; 2) Desarrollo Territorial; 3) Desarrollo Regional Productivo, y 4) Sustentabilidad y Resiliencia. Para el "Proyecto Integral Villahermosa 2030, Puente Carrizal" presentan mayor relación los ejes correspondientes al ordenamiento territorial, la reducción de las brechas de infraestructura y movilidad, la conectividad regional, la gestión integral de riesgos, la protección ambiental y la resiliencia frente al cambio climático.

Para efectos de la presente Manifestación de Impacto Ambiental, Modalidad Regional, el análisis comprende exclusivamente las obras y actividades del Puente Carrizal, integrado por el viaducto sobre el río Carrizal, las rampas y accesos, cimentaciones profundas, pilotes, encepados, pilas, estribos, superestructura, pavimentos, drenaje pluvial, banquetas, alumbrado, señalización, obras complementarias y la protección, adecuación o reubicación de los servicios existentes.

La vinculación con el PNOTDU considera la función del proyecto como infraestructura destinada a mejorar la conectividad entre los municipios de Centro y Nacajuca, así como su interacción con el río Carrizal y con un territorio expuesto a inundaciones, socavación y niveles freáticos someros. El diseño, construcción y operación del puente se ajustarán a los instrumentos de planeación aplicables e incorporarán criterios de seguridad vial, accesibilidad, continuidad hidráulica, protección ambiental, adaptación al cambio climático y prevención de riesgos.

Tabla 7. Vinculación con el PNOTDU 2026–2030

Objetivo, estrategia y líneas de acción	Directriz establecida en el PNOTDU	Vinculación con el "Proyecto Integral Villahermosa 2030, Puente Carrizal"
Objetivo 1. Ordenamiento Territorial. Estrategias 1.1 y 1.2. Líneas de acción 1.1.4, 1.2.2, 1.2.3 y 1.2.4.	Promover la integración de los componentes urbano y ambiental del ordenamiento territorial, así como la incorporación de criterios de sustentabilidad, gestión integral de riesgos, cambio climático y protección ambiental en los proyectos de movilidad e infraestructura.	El proyecto guardará congruencia con los instrumentos de ordenamiento ecológico, territorial y urbano aplicables a los municipios de Centro y Nacajuca. Su ejecución se limitará a las superficies autorizadas y respetará los usos del suelo, derechos de vía, alineamientos, restricciones, cauce y zona federal que determine la autoridad competente. Asimismo, se obtendrán las autorizaciones, permisos y concesiones aplicables.

Objetivo, estrategia y líneas de acción	Directriz establecida en el PNOTDU	Vinculación con el "Proyecto Integral Villahermosa 2030, Puente Carrizal"
Objetivo 2. Desarrollo Territorial. Estrategia 2.3. Líneas de acción 2.3.5, 2.3.9 y 2.3.10.	Conducir la Política Nacional de Movilidad y Seguridad Vial para ampliar el derecho a la movilidad en condiciones de accesibilidad, inclusión, equidad, eficiencia, sostenibilidad, seguridad vial y calidad. También se plantea articular la movilidad con los instrumentos de ordenamiento territorial y priorizar vías y rutas seguras.	El proyecto contribuirá a mejorar la movilidad y la seguridad vial mediante una nueva conexión sobre el río Carrizal. El puente incorporará banquetas laterales, parapetos, alumbrado, señalamiento y dispositivos de seguridad. Su diseño garantizará condiciones de accesibilidad y protección para peatones, personas con discapacidad, personas adultas mayores y demás usuarios vulnerables.
Objetivo 2. Desarrollo Territorial. Estrategia 2.4. Líneas de acción 2.4.1, 2.4.6 y 2.4.7.	Ampliar la cobertura y calidad de los sistemas de movilidad integrados y sostenibles; impulsar infraestructura segura, accesible y de calidad, y mejorar la infraestructura vial mediante el cumplimiento de las normas en materia de movilidad y seguridad vial.	Esta estrategia presenta una vinculación directa con el proyecto, debido a que comprende la construcción del Puente Carrizal, sus rampas, accesos, conexiones viales, banquetas, drenaje pluvial, alumbrado y elementos de seguridad. Las obras mejorarán la continuidad de la red vial entre los municipios de Centro y Nacajuca y se diseñarán conforme a las disposiciones técnicas de accesibilidad, movilidad y seguridad vial aplicables.
Objetivo 3. Desarrollo Regional Productivo. Estrategia 3.3. Líneas de acción 3.3.2, 3.3.4, 3.3.7 y 3.3.8.	Avanzar hacia una "República Conectada" mediante la modernización e integración de las redes de transporte; promover la disponibilidad legal de los derechos de vía, la vinculación de la infraestructura con los sistemas locales de transporte y la gestión de proyectos de movilidad accesible e intermodal.	El proyecto fortalecerá la conectividad entre los sectores urbanos ubicados en ambos márgenes del río Carrizal y mejorará la comunicación entre Centro y Nacajuca. Antes de iniciar las obras se garantizará la disponibilidad jurídica de los predios y derechos de vía, así como la obtención de los actos administrativos aplicables para intervenir el cauce y, en su caso, la zona federal. También se coordinará la protección, adecuación o reubicación de los servicios existentes.
Objetivo 4. Sustentabilidad y Resiliencia. Estrategia 4.1. Líneas de acción 4.1.1 y 4.1.2.	Incorporar criterios de resiliencia climática, servicios socioecológicos, sustentabilidad y prevención de impactos ambientales en los instrumentos y decisiones de ordenamiento territorial.	El diseño y la construcción del proyecto incorporarán criterios ambientales y de resiliencia relacionados con su ubicación sobre el río Carrizal. Se aplicarán medidas para prevenir y mitigar los impactos sobre la calidad del agua, los sedimentos, el suelo, la vegetación, la fauna, el paisaje y la dinámica hidráulica. Asimismo, se realizará la supervisión y el seguimiento del cumplimiento de las medidas establecidas en la MIA-R y en la resolución ambiental.
Objetivo 4. Sustentabilidad y Resiliencia. Estrategia 4.2. Líneas de acción 4.2.1, 4.2.2 y 4.2.4.	Fortalecer la gestión integral del riesgo de desastres mediante información actualizada, estudios técnicos e infraestructura preventiva con criterios de sustentabilidad y pertinencia territorial.	La vinculación se materializará mediante la aplicación de los estudios hidrológicos, hidráulicos, geotécnicos y de socavación, así como de la información contenida en los atlas de riesgos aplicables. El diseño del puente conservará la capacidad hidráulica del río, considerará los niveles de inundación y evitará generar obstrucciones, represamientos o transferencias de riesgo hacia predios, vialidades y asentamientos cercanos.

Objetivo, estrategia y líneas de acción	Directriz establecida en el PNOTDU	Vinculación con el "Proyecto Integral Villahermosa 2030, Puente Carrizal"
Objetivo 4. Sustentabilidad y Resiliencia. Estrategias 4.3 y 4.4. Líneas de acción 4.3.2 y 4.4.1.	Promover infraestructura verde y azul, así como soluciones basadas en la naturaleza, para fortalecer la resiliencia climática, proteger los servicios ambientales y reducir riesgos.	El río Carrizal constituye el principal componente de infraestructura azul relacionado con el proyecto. Se conservarán su continuidad hidráulica y sus funciones ambientales; se protegerá la vegetación que no interfiera con las obras y se restaurarán las superficies ocupadas temporalmente. Las medidas de estabilización, revegetación y manejo del drenaje serán compatibles con la seguridad estructural, hidráulica y vial del puente.
Objetivo 4. Sustentabilidad y Resiliencia. Estrategia 4.7. Líneas de acción 4.7.1, 4.7.2 y 4.7.3.	Promover la eficiencia en el uso de materiales y energía, la economía circular y la gestión integral de residuos en los sectores de la construcción y el transporte.	Durante la preparación del sitio y construcción se reducirá la generación de residuos y se realizará su separación conforme a su clasificación. Los materiales de excavación y perforación que resulten técnica y ambientalmente aptos se reutilizarán; los residuos no aprovechables se entregarán a prestadores de servicios o sitios autorizados. Se evitará el depósito de escombros, concreto, sedimentos, aceites, combustibles y sustancias contaminantes en el río Carrizal, sus márgenes y las superficies colindantes.

Con base en lo anterior, el "Proyecto Integral Villahermosa 2030, Puente Carrizal" presenta una vinculación directa con el Objetivo 2 del PNOTDU 2026–2030, particularmente con las estrategias 2.3 y 2.4, debido a que constituye una obra de infraestructura destinada a mejorar la conectividad, accesibilidad y seguridad vial entre los municipios de Centro y Nacajuca. Asimismo, se relaciona directamente con el Objetivo 4, debido a su interacción con el río Carrizal y a la necesidad de incorporar criterios de resiliencia, protección ambiental y gestión integral de riesgos. De manera complementaria, se vincula con los objetivos 1 y 3 al requerir congruencia con los instrumentos de ordenamiento territorial, certeza jurídica sobre los predios y derechos de vía y coordinación interinstitucional.

En consecuencia, el proyecto presenta congruencia con las directrices del PNOTDU 2026–2030. Su ejecución se limitará a las superficies autorizadas; se obtendrán las autorizaciones, permisos y concesiones correspondientes; se respetarán los usos del suelo, derechos de vía y restricciones aplicables; se incorporarán medidas de accesibilidad y seguridad vial; se conservará la capacidad hidráulica del río Carrizal, y se implementarán las medidas de prevención, mitigación, manejo de residuos, compensación y restauración ambiental establecidas en la MIA-R y en la resolución correspondiente.

2.3.3. Programa Estatal de Ordenamiento Territorial y Desarrollo Urbano de Tabasco

El Programa Estatal de Ordenamiento Territorial y Desarrollo Urbano de Tabasco (PEOTDU), publicado en el Periódico Oficial del Estado de Tabasco el 2 de abril de 2022, constituye el instrumento de planeación

que establece el modelo territorial de la entidad y orienta la ocupación, aprovechamiento y transformación ordenada del territorio. Sus políticas, estrategias y lineamientos tienen como finalidad promover el desarrollo urbano ordenado, reducir la vulnerabilidad territorial, preservar los recursos naturales y fortalecer la gestión integral de riesgos y de los recursos hídricos.

El Modelo de Ordenamiento Territorial y Urbano del PEOTDU se integra por 162 Unidades de Gestión Territorial, definidas a partir de las características ambientales, urbanas, sociales y económicas del territorio. Para los espacios artificializados y asentamientos humanos se establecen las políticas de Consolidación, Mejoramiento y Crecimiento Controlado; mientras que para los espacios naturales se consideran las políticas de Preservación, Protección, Restauración y Aprovechamiento Sustentable.

De acuerdo con la superposición del polígono del "Proyecto Integral Villahermosa 2030, Puente Carrizal" sobre la cartografía oficial del PEOTDU, la totalidad de las obras y superficies comprendidas en la MIA-R se localiza dentro de la UGT 38, a la cual corresponde la Política de Consolidación.

El análisis comprende el conjunto del Puente Carrizal, con una longitud aproximada de 580 m, integrado por el viaducto sobre el río Carrizal, rampas, accesos, cimentaciones profundas, pilotes, encepados, pilas, estribos, superestructura, pavimentos, drenaje pluvial, banquetas, alumbrado, señalización, obras complementarias, servicios afectados y superficies de ocupación permanente y temporal.

Tabla 8. Caracterización territorial del área del proyecto

Característica	UGT 38	Vinculación con el proyecto
Unidad de Gestión Territorial	UGT 38	La totalidad de las obras comprendidas en la MIA-R se localiza dentro de esta unidad, conforme a la superposición del KMZ del proyecto con la cartografía del PEOTDU.
Grupo territorial	Suelo artificializado y asentamientos humanos	El proyecto se inserta en un entorno urbano y periurbano previamente transformado, con presencia de vialidades, zonas habitacionales, infraestructura y servicios en los municipios de Centro y Nacajuca.
Política territorial	Consolidación	El proyecto es congruente con esta política porque fortalece la infraestructura vial y la conectividad de un sector integrado a la zona metropolitana de Villahermosa.
Objetivo de la política	Consolidar y fortalecer las áreas urbanas existentes, promoviendo el aprovechamiento eficiente del suelo, la infraestructura, el equipamiento y los servicios disponibles	El Puente Carrizal dará continuidad a la red vial y mejorará la articulación entre los sectores urbanos ubicados en ambos márgenes del río.
Condición territorial	Área con infraestructura, equipamiento y servicios urbanos	El proyecto se relaciona con vialidades y zonas urbanizadas existentes, así como con redes eléctricas, hidráulicas, sanitarias, pluviales y de telecomunicaciones.

Característica	UGT 38	Vinculación con el proyecto
Movilidad e infraestructura	Componente relevante para la consolidación urbana	El puente constituye infraestructura estructurante para mejorar la conectividad entre Centro y Nacajuca y fortalecer el funcionamiento de la red vial metropolitana.
Gestión integral de riesgos	Componente prioritario por las condiciones hidrológicas, geotécnicas y de inundación	El diseño considerará los estudios hidrológicos, hidráulicos, geotécnicos y de socavación, y conservará la capacidad hidráulica del río Carrizal.
Calidad ambiental urbana	Conservación y mejoramiento de las condiciones ambientales y paisajísticas	Se aplicarán medidas para proteger el río, controlar sedimentos, residuos, emisiones, ruido y derrames, manejar el arbolado y restaurar las superficies ocupadas temporalmente.

De acuerdo con lo anterior, el Proyecto Integral Villahermosa 2030, Puente Carrizal presenta una relación directa con la Política de Consolidación asignada a la UGT CTR-38-Cs, al tratarse de infraestructura pública destinada a fortalecer la movilidad, la conectividad, el transporte colectivo y la funcionalidad de un sector urbano existente.

La identificación del proyecto dentro de la UGT 38 no constituye por sí misma una autorización de uso del suelo ni sustituye las licencias, dictámenes, permisos, concesiones o autorizaciones aplicables. El PEOTDU orienta territorialmente el desarrollo urbano, mientras que la determinación específica de los usos, destinos y condiciones de ocupación corresponde a los instrumentos municipales y urbanos de mayor detalle.

Vinculación con la política territorial

La Política de Consolidación busca fortalecer las áreas urbanas existentes mediante un mejor aprovechamiento del suelo intraurbano, la infraestructura, el equipamiento y los servicios disponibles. Conforme al PEOTDU, esta política se aplica, entre otras, a la localidad urbana de Villahermosa.

La ubicación del “Proyecto Integral Villahermosa 2030, Puente Carrizal” dentro de la UGT 38 presenta congruencia territorial con esta política, debido a que se trata de infraestructura pública destinada a mejorar la movilidad y conectividad entre sectores urbanos existentes.

Tabla 9. Vinculación con la Política de Consolidación

UGT	Política territorial	Vinculación con el Proyecto Integral Villahermosa 2030, Puente Carrizal
CTR-38-Cs / UGT 38	Consolidación	El Puente Carrizal fortalecerá la red vial metropolitana mediante la construcción del viaducto, sus rampas, accesos, banquetas, drenaje pluvial, alumbrado, señalización y elementos de seguridad. Su ejecución mejorará la conexión entre los municipios de Centro y Nacajuca y aprovechará su relación con las vialidades, infraestructura y servicios existentes.

El proyecto no representa la creación de un desarrollo urbano aislado o desvinculado de la estructura territorial. Por el contrario, establecerá una conexión entre áreas urbanas existentes y fortalecerá la continuidad funcional de la red vial.

Vinculación con los lineamientos territoriales

Los lineamientos territoriales del PEOTDU expresan las condiciones deseables para el desarrollo de cada Unidad de Gestión Territorial y orientan las acciones públicas y privadas en materia de infraestructura, movilidad, servicios, aprovechamiento del suelo, gestión de riesgos y protección ambiental.

Entre los lineamientos estratégicos que presentan mayor relación con la naturaleza y alcance del proyecto se encuentran:

Tabla 10. Vinculación con los lineamientos territoriales

Lineamiento	Directriz territorial	Vinculación con el proyecto
AH1	Orientar la inversión pública hacia las zonas de mayor poblamiento y las áreas destinadas a la ordenación de los centros de población.	El proyecto corresponde a una inversión pública en infraestructura vial destinada a mejorar la conectividad de la zona metropolitana de Villahermosa.
AH13	Ampliar y fortalecer la infraestructura de servicios en los centros estratégicos del sistema de ciudades.	El puente fortalecerá la infraestructura vial y mejorará la comunicación entre los sectores urbanos ubicados en ambos márgenes del río Carrizal.
AH14	Mejorar y mantener la infraestructura de agua potable, drenaje, alcantarillado y energía eléctrica, incorporando la gestión del drenaje pluvial.	Se protegerán, adecuarán o reubicarán las redes que interfieran con las obras y se incorporará un sistema de drenaje para captar y conducir los escurrimientos del tablero y los accesos.
AH15	Prohibir el vertimiento de residuos de cualquier tipo en los cuerpos de agua.	Se prohibirá depositar residuos, concreto, sedimentos, combustibles, aceites o materiales de construcción en el río Carrizal.
AH16	Garantizar el libre flujo del agua subterránea en la infraestructura nueva como medida de adaptación al cambio climático.	Las cimentaciones y excavaciones se ejecutarán considerando el nivel freático y las condiciones hidrogeológicas, evitando afectaciones innecesarias al flujo subterráneo.
AH30	Requerir estudios y justificaciones técnicas para las obras que impliquen rellenos o nivelaciones, evitando afectaciones a los asentamientos y escurrimientos.	Los terraplenes, rampas, excavaciones y elementos de transición se sustentarán en los estudios geotécnicos, hidrológicos e hidráulicos correspondientes.
AH31	Garantizar la recolección, valorización, tratamiento y disposición adecuada de los residuos.	Los residuos sólidos urbanos, de manejo especial y peligrosos se separarán, almacenarán temporalmente y entregarán a prestadores o sitios autorizados.
AH33	Mejorar, rehabilitar, modernizar o ampliar la infraestructura de transporte y comunicación.	El proyecto construirá una nueva conexión vial sobre el río Carrizal y mejorará la integración de la red metropolitana.
AH34	Fomentar infraestructura verde en las zonas urbanas para reducir riesgos de inundación.	Se conservará la vegetación que no interfiera con las obras y se restaurarán las superficies ocupadas

Lineamiento	Directriz territorial	Vinculación con el proyecto
		temporalmente mediante especies adecuadas para las condiciones locales.
AH36	Construir infraestructura y equipamiento con enfoque de gestión integral de riesgos.	El diseño y la construcción considerarán inundaciones, socavación, niveles freáticos, sismos, accidentes, incendios y derrames.
AH41	Equipar las vías públicas con infraestructura peatonal, señalamiento y medidas para el desplazamiento de personas con discapacidad.	El puente incorporará banquetas laterales, señalización, parapetos, alumbrado y elementos de accesibilidad y seguridad peatonal.
AH48	Contar con Director Responsable de Obra y corresponsables para los proyectos ejecutivos de nuevas construcciones.	El proyecto contará con los responsables y corresponsables exigidos por la legislación y reglamentación aplicables.
AH50	Requerir estudios de impacto urbano, vial, riesgo y protección civil para las obras de infraestructura.	Se tramitarán los estudios, dictámenes y autorizaciones aplicables y se cumplirán las medidas de mitigación e integración que establezcan las autoridades.
AH52	Observar las cotas de inundación, los sitios peligrosos, los niveles de desplante y la conservación de vasos reguladores y cuerpos lagunares.	El diseño estructural e hidráulico considerará los niveles de inundación, la capacidad hidráulica del río y las condiciones de socavación.
AH67	Incorporar los peligros naturales, especialmente la inundación, en la zonificación y en las decisiones territoriales.	El proyecto se sustentará en información hidrológica, hidráulica y de riesgos y evitará transferir la vulnerabilidad hacia predios o asentamientos cercanos.
AH109	Promover sistemas de transporte seguros, eficientes y de calidad, así como la movilidad activa y los modos no motorizados.	El proyecto mejorará la conectividad vial e incorporará banquetas para mantener la continuidad peatonal sobre el río Carrizal.
AH119	Identificar zonas vulnerables y en riesgo mediante mecanismos de coordinación entre desarrollo urbano y protección civil.	La ejecución considerará los atlas de riesgos y mantendrá coordinación con las autoridades de protección civil durante la construcción y operación.

Además de estos lineamientos, durante el diseño y la ejecución de las obras deberán observarse las disposiciones del PEOTDU relacionadas con infraestructura, movilidad, continuidad de los servicios urbanos, gestión integral de riesgos, recursos hídricos y mejoramiento ambiental, en lo que resulten aplicables conforme a la naturaleza de cada actividad.

Congruencia territorial de las obras

El PEOTDU constituye un instrumento de planeación de escala estatal y no sustituye la zonificación secundaria ni las determinaciones específicas de los programas municipales de desarrollo urbano. En consecuencia, la compatibilidad definitiva del uso del suelo deberá verificarse con el Programa Municipal de Desarrollo Urbano de Centro y con los demás instrumentos urbanos aplicables al área del proyecto.

Para efectos del PEOTDU, las obras presentan la siguiente congruencia territorial:

Tabla 11. Congruencia territorial de las obras

Obra o actividad	Política aplicable	Determinación
Construcción del viaducto sobre el río Carrizal	Consolidación y gestión integral de riesgos	Congruente, debido a que fortalece la infraestructura vial, siempre que conserve la capacidad hidráulica del río y cumpla las autorizaciones aplicables.
Construcción de rampas y accesos	Consolidación	Congruente, debido a que integra el puente con la red vial existente.
Cimentaciones profundas, pilotes, encepados, pilas y estribos	Consolidación y gestión integral de riesgos	Congruentes, con aplicación de los estudios geotécnicos, hidráulicos y de socavación y de las medidas de control de sedimentos y materiales.
Banquetas, parapetos y elementos de accesibilidad	Consolidación	Congruentes, debido a que mejoran la movilidad peatonal, la accesibilidad y la seguridad.
Drenaje pluvial	Consolidación y gestión integral de riesgos	Congruente y necesario para captar y conducir los escurrimientos del puente y sus accesos.
Alumbrado, señalización y dispositivos de seguridad	Consolidación	Congruentes, debido a que fortalecen la seguridad vial y la funcionalidad de la infraestructura.
Protección, adecuación o reubicación de servicios	Consolidación	Congruente, con coordinación previa con los organismos responsables de las redes existentes.
Accesos, plataformas e instalaciones temporales	Consolidación y protección ambiental	Congruentes, siempre que se limiten a las superficies autorizadas y se retiren al concluir la construcción.
Actividades en el cauce y, en su caso, en la zona federal	Consolidación, gestión hídrica y protección ambiental	Congruentes con la función del proyecto, sujetas a la autorización ambiental y a los permisos, concesiones o actos administrativos que correspondan ante la autoridad del agua.

Por su naturaleza, las obras corresponden a infraestructura vial destinada a fortalecer la movilidad y conectividad metropolitana. En consecuencia, no se identifica incompatibilidad entre el “Proyecto Integral Villahermosa 2030, Puente Carrizal” y la Política de Consolidación asignada a la UGT 38.

Esta determinación corresponde exclusivamente a la congruencia territorial con el PEOTDU y no constituye una autorización de uso del suelo ni sustituye los permisos, licencias, concesiones y dictámenes aplicables.

Condicionantes territoriales y ambientales

Para mantener la congruencia del “Proyecto Integral Villahermosa 2030, Puente Carrizal” con el PEOTDU, se cumplirán las siguientes condicionantes territoriales y ambientales:

Tabla 12. Vinculación del proyecto con las condicionantes territoriales y ambientales

Condicionante	Vinculación y cumplimiento
Delimitación de las obras	Las actividades se limitarán al polígono y a las superficies autorizadas para el viaducto, rampas, accesos, plataformas, instalaciones auxiliares y obras complementarias. Se evitará la ocupación innecesaria del cauce, las márgenes, la zona federal, las áreas verdes y los predios colindantes.
Autorizaciones en materia de aguas nacionales	Antes de ejecutar las actividades que incidan sobre el cauce, las márgenes o la zona federal del río Carrizal, se obtendrán las autorizaciones, permisos, concesiones u otros actos administrativos aplicables ante la autoridad competente.



Condicionante	Vinculación y cumplimiento
Gestión integral de riesgos	Durante la construcción se implementarán medidas de protección civil, control de accesos, señalización preventiva, rutas de evacuación y procedimientos de respuesta ante lluvias intensas, inundaciones, crecientes del río, incendios, derrames, sismos y accidentes de obra.
Conservación de la capacidad hidráulica	El diseño y la ejecución del puente conservarán la capacidad hidráulica y la continuidad del flujo del río Carrizal. Las pilas, cimentaciones, plataformas y obras temporales no generarán obstrucciones, represamientos ni transferencias de riesgo hacia predios o asentamientos cercanos.
Prevención de la socavación	Las cimentaciones, pilas, estribos y obras de protección se ejecutarán conforme a los estudios hidráulicos, geotécnicos y de socavación. Se aplicarán medidas para mantener la estabilidad de las estructuras y evitar procesos erosivos adicionales en el cauce y sus márgenes.
Manejo del suelo	Los trabajos de despalme, excavación, relleno y conformación de terraplenes se limitarán a las superficies autorizadas. El suelo vegetal que resulte aprovechable se conservará para utilizarlo en la restauración de las áreas afectadas temporalmente.
Control de erosión y sedimentos	Durante las excavaciones, perforaciones, terracerías y conformación de superficies se instalarán medidas para evitar la erosión y el arrastre de sedimentos hacia el río Carrizal, las obras de drenaje y los escurrimientos superficiales.
Manejo de materiales de excavación y perforación	Los materiales procedentes de excavaciones, perforaciones y cimentaciones profundas se almacenarán temporalmente en áreas acondicionadas. Los materiales aptos se reutilizarán y los excedentes se trasladarán a sitios autorizados, evitando su depósito en el cauce o las márgenes.
Protección de la calidad del agua	Se prohibirá el vertimiento de residuos, concreto, lechadas, sedimentos, combustibles, aceites, aguas residuales o cualquier sustancia contaminante en el río Carrizal. Las aguas generadas durante los trabajos recibirán el manejo que corresponda conforme a sus características.
Protección de la flora y fauna	Antes y durante la ejecución de las obras se aplicarán medidas de protección, ahuyentamiento, rescate y reubicación de fauna. La intervención del arbolado y la vegetación se realizará conforme a las autorizaciones aplicables y se evitarán afectaciones innecesarias a la vegetación de las márgenes y a la fauna acuática.
Manejo de residuos	Los residuos sólidos urbanos, de manejo especial y peligrosos se separarán, almacenarán temporalmente y entregarán a prestadores de servicios o sitios autorizados. Se conservarán los comprobantes que acrediten su manejo, transporte y disposición.
Manejo de combustibles y sustancias	Los combustibles, aceites, lubricantes y demás sustancias se almacenarán y manejarán en áreas acondicionadas, impermeables y con dispositivos de contención. No se realizarán actividades de abastecimiento o mantenimiento de maquinaria dentro del cauce ni en zonas donde un derrame pueda alcanzar el río.
Control de emisiones y partículas	Los vehículos, maquinaria y equipos recibirán mantenimiento preventivo. La dispersión de partículas se controlará mediante el riego de superficies, la reducción de velocidades y el uso de lonas durante el transporte de materiales, evitando escurrimientos hacia el río.
Control de ruido	La maquinaria y los equipos operarán en condiciones adecuadas de mantenimiento y dentro de los horarios autorizados. Se aplicarán medidas para reducir las molestias a las zonas habitacionales, la fauna y los equipamientos cercanos.
Continuidad de los servicios urbanos	Antes de ejecutar las obras se identificarán las redes de energía eléctrica, telecomunicaciones, agua potable, drenaje sanitario, drenaje pluvial y demás servicios existentes. Su protección, adecuación o reubicación se coordinará con los organismos responsables.
Accesibilidad y seguridad vial	Las banquetas, accesos, parapetos, señalización, alumbrado y dispositivos de seguridad se diseñarán con criterios de accesibilidad universal y protección de peatones, personas adultas mayores, personas con discapacidad y demás usuarios vulnerables.

Condicionante	Vinculación y cumplimiento
Integración paisajística	La integración del puente considerará el tratamiento de sus accesos, banquetas, espacios bajo la estructura, iluminación y mobiliario. La vegetación que se incorpore será adecuada para las condiciones ambientales del sitio y no interferirá con la seguridad vial, estructural o hidráulica.
Restauración de superficies	Al concluir la construcción se retirarán las instalaciones provisionales, plataformas temporales, maquinaria, residuos y materiales sobrantes. Las superficies afectadas temporalmente serán limpiadas, estabilizadas y restauradas.
Supervisión y seguimiento	El cumplimiento de las medidas territoriales y ambientales se documentará mediante bitácoras, registros fotográficos, comprobantes de manejo de residuos e informes de supervisión. También se verificará el cumplimiento de las medidas y condicionantes establecidas en la MIA-R y en la resolución ambiental.

Ejes de vinculación derivados del PEOTDU

La relación del proyecto con el PEOTDU se concentra en la consolidación urbana, la movilidad, el fortalecimiento de la infraestructura pública, la gestión integral de riesgos y el mejoramiento ambiental del entorno.

Tabla 13. Ejes de vinculación territorial del Proyecto Integral Villahermosa 2030, Puente Carrizal

Eje de vinculación	Vinculación con el Proyecto Integral Villahermosa 2030, Puente Carrizal
Consolidación del sistema urbano	El proyecto fortalecerá la estructura vial y de transporte público de la zona poniente de Villahermosa, aprovechando su relación con vialidades, equipamientos y áreas urbanizadas existentes.
Mejoramiento de la movilidad y conectividad	Los carriles exclusivos, estaciones, banquetas, cruces y señalización permitirán ordenar los desplazamientos y mejorar la conectividad entre diferentes sectores urbanos.
Fortalecimiento del transporte público	La incorporación de un carril exclusivo por sentido y tres estaciones dentro del tramo analizado contribuirá a priorizar el transporte colectivo y mejorar sus condiciones de operación.
Fortalecimiento de la infraestructura pública	El proyecto incorporará drenaje, alumbrado, señalización, mobiliario y adecuaciones a los servicios urbanos existentes.
Movilidad peatonal y accesibilidad	Las banquetas, cruces y estaciones deberán proporcionar condiciones de desplazamiento seguro y accesible para la población, incluyendo a las personas con movilidad limitada.
Gestión integral de riesgos	La adecuación de la rasante en los puntos bajos y las obras de drenaje contribuirán a reducir la vulnerabilidad de la vialidad frente a lluvias intensas, inundaciones y encharcamientos.
Gestión de los recursos hídricos	El proyecto deberá conservar la continuidad de los escurrimientos superficiales y evitar descargas, derrames, residuos o depósitos de materiales en las obras de drenaje.
Mejoramiento ambiental urbano	Se aplicarán medidas para el manejo del arbolado, control de residuos, emisiones y ruido, así como para la restauración de las superficies afectadas y el establecimiento de áreas verdes.
Continuidad de los servicios urbanos	La protección, adecuación o reubicación de redes deberá realizarse de manera coordinada con los organismos operadores, evitando interrupciones innecesarias a la población.
Seguimiento territorial y ambiental	La ejecución de las medidas deberá documentarse mediante mecanismos de supervisión, bitácoras, evidencia fotográfica e informes de cumplimiento.

Con base en lo anterior, la totalidad de las obras y superficies del "Proyecto Integral Villahermosa 2030, Puente Carrizal", comprendidas en la presente Manifestación de Impacto Ambiental, Modalidad Regional, se localiza dentro de la UGT 38, sujeta a una Política de Consolidación.

El proyecto presenta congruencia territorial con esta política, debido a que contempla infraestructura pública destinada a fortalecer la movilidad, la conectividad, la accesibilidad y el funcionamiento de la zona metropolitana de Villahermosa. Asimismo, establecerá una conexión vial entre los municipios de Centro y Nacajuca y complementará la infraestructura y los servicios existentes, sin constituir un desarrollo aislado de la estructura urbana.

Para mantener esta congruencia, las obras se limitarán a las superficies autorizadas; se conservará la capacidad hidráulica y la continuidad del flujo del río Carrizal; se protegerá la calidad del agua; se garantizará la continuidad de los servicios urbanos; se aplicarán medidas para el manejo del suelo, la vegetación, la fauna, los residuos, las emisiones, el ruido y los sedimentos; se incorporarán criterios de accesibilidad, seguridad vial y gestión integral de riesgos, y se obtendrán las autorizaciones, permisos, concesiones, licencias y dictámenes aplicables.

2.3.4. Programa de Ordenamiento Ecológico Regional del Estado de Tabasco (POERET)

En el ámbito regional, la congruencia ecológica y territorial del "Proyecto Integral Villahermosa 2030, Puente Carrizal" se analiza con base en el Programa de Ordenamiento Ecológico Regional del Estado de Tabasco (POERET), publicado en la Edición núm. 8551 del Periódico Oficial del Estado de Tabasco el 17 de agosto de 2024. Este instrumento establece el modelo de ordenamiento ecológico del territorio estatal y orienta las obras, proyectos y actividades que inciden en los usos del suelo y en el aprovechamiento de los recursos naturales.

El POERET divide el territorio estatal en Unidades de Gestión Ambiental (UGA), definidas a partir de sus características ambientales, territoriales y socioeconómicas. A cada unidad le asigna una política ambiental, lineamientos, estrategias y criterios de regulación ecológica que orientan el desarrollo de las actividades productivas, urbanas y de infraestructura.

Para determinar la ubicación del proyecto respecto del POERET, se realizó la sobreposición del polígono georreferenciado de las obras comprendidas en la presente Manifestación de Impacto Ambiental, modalidad Regional, con la cartografía oficial de las UGA. El análisis comprende la construcción del puente sobre el río Carrizal y sus componentes asociados, entre ellos cimentaciones, pilas, estribos, superestructura, accesos, rampas, obras hidráulicas y de drenaje, protecciones, instalaciones auxiliares y áreas de ocupación permanente y temporal necesarias para su ejecución.

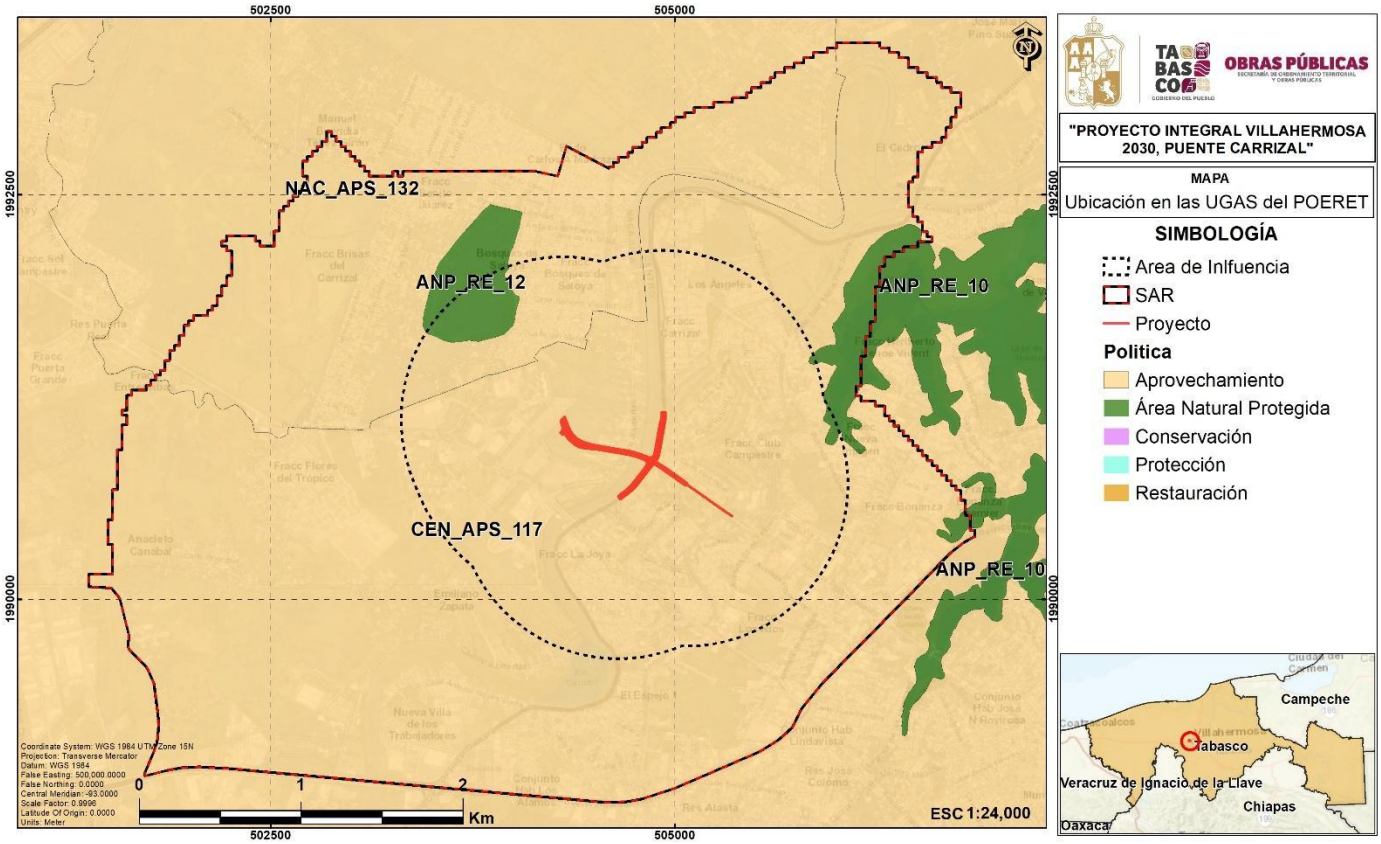


Figura 2. Ubicación del "Proyecto Integral Villahermosa 2030, Puente Carrizal" en la Unidad de Gestión Ambiental CEN_APS_117.

La sobreposición cartográfica determina que la totalidad de las obras y superficies del "Proyecto Integral Villahermosa 2030, Puente Carrizal" se localiza dentro de la Unidad de Gestión Ambiental CEN_APS_117, correspondiente al municipio de Centro, a la cual el POERET asigna una Política Ambiental de Aprovechamiento. No se identifica incidencia territorial del proyecto en la UGA NAC_APS_132.

De acuerdo con la ficha oficial de la UGA CEN_APS_117, la infraestructura y los asentamientos humanos se encuentran entre los usos sectoriales compatibles, mientras que el apartado correspondiente a usos incompatibles señala "No aplica". Esta condición indica que la construcción de infraestructura no presenta una incompatibilidad general con la orientación territorial de la unidad; sin embargo, no constituye por sí misma una autorización para ejecutar las obras ni exime del cumplimiento de los criterios de regulación ecológica, las estrategias ambientales y las demás disposiciones jurídicas aplicables.

El lineamiento ecológico de la UGA CEN_APS_117 establece la necesidad de consolidar el aprovechamiento sustentable del territorio mediante prácticas respetuosas con el ambiente, el uso eficiente de los recursos naturales y la gestión responsable de los humedales, los recursos hídricos y el suelo. Asimismo, dispone

que se consideren medidas de protección relacionadas con la vulnerabilidad ante inundaciones y que la gestión del territorio urbano incorpore las disposiciones del Programa Estatal de Ordenamiento Territorial y Desarrollo Urbano vigente.

La vinculación del proyecto con este lineamiento es directa debido a su interacción con el río Carrizal, sus riberas y la dinámica hidrológica del área. En consecuencia, el diseño y la ejecución de las obras se sustentarán en los estudios hidrológicos, hidráulicos, geotécnicos y de socavación correspondientes; mantendrán la capacidad de conducción del cauce; evitarán obstrucciones o represamientos, y considerarán las condiciones de riesgo por inundaciones y fenómenos hidrometeorológicos.

Asimismo, durante las etapas de preparación del sitio, construcción, operación y mantenimiento se aplicarán medidas para delimitar las superficies de trabajo; proteger la calidad del agua y del suelo; controlar la erosión, los sedimentos, las emisiones y el ruido; manejar adecuadamente los residuos, combustibles y sustancias; proteger la flora y la fauna; prevenir derrames, y restaurar las áreas ocupadas temporalmente.

Con base en lo anterior, el "Proyecto Integral Villahermosa 2030, Puente Carrizal" presenta congruencia con la Política Ambiental de Aprovechamiento asignada a la UGA CEN_APS_117, siempre que se observen los lineamientos, estrategias y criterios de regulación ecológica aplicables y se cumplan las medidas ambientales establecidas en la presente MIA Regional, así como las condicionantes, permisos y autorizaciones que determine la autoridad competente.

Tabla 14. Unidad de Gestión Ambiental del POERET vinculada con el proyecto

UGA	Municipio	Política ambiental	Superficie de la UGA	Contexto territorial	Vinculación con el Proyecto Integral Villahermosa 2030, Puente Carrizal
CEN_APS_117	Centro	Aprovechamiento	44,605.38 ha	La UGA comprende superficies urbanas, periurbanas y rurales del municipio de Centro. De acuerdo con su ficha oficial, presenta 58 % de pastizal cultivado, 21 % de agricultura de temporal semipermanente, 15 % de asentamientos humanos y 6 % de otros usos. Sus lineamientos destacan la gestión responsable de los humedales y recursos hídricos, la conservación del suelo, la reducción de la	La totalidad de las obras y superficies del proyecto se localiza dentro de esta UGA. La infraestructura se considera un uso sectorial compatible; no obstante, su ejecución se sujetará a los criterios y estrategias ecológicas aplicables. Debido a la interacción del puente con el río Carrizal, se conservará la capacidad hidráulica del cauce, se evitarán obstrucciones y represamientos, se atenderán los riesgos de

UGA	Municipio	Política ambiental	Superficie de la UGA	Contexto territorial	Vinculación con el Proyecto Integral Villahermosa 2030, Puente Carrizal
				vulnerabilidad ante inundaciones y la coordinación con el PEOTDU vigente.	inundación y socavación y se aplicarán medidas para proteger el agua, el suelo, la vegetación, la fauna y las áreas ocupadas temporalmente.

Aplicación independiente de las disposiciones por UGA

El criterio general CG17 del POERET establece que, en los proyectos, terrenos y parcelas ubicados en dos o más Unidades de Gestión Ambiental, la aplicación del ordenamiento ecológico se realizará de manera independiente para las secciones correspondientes a cada UGA, con la finalidad de considerar las particularidades y necesidades ambientales de cada unidad.

Para el "Proyecto Integral Villahermosa 2030, Puente Carrizal", la sobreposición de las obras y superficies comprendidas en la presente Manifestación de Impacto Ambiental, modalidad Regional, con la cartografía oficial del POERET determina que la totalidad del proyecto se localiza dentro de la UGA CEN_APS_117.

En consecuencia, el supuesto de aplicación diferenciada previsto en el criterio CG17 no se actualiza, debido a que el proyecto no incide en dos o más UGA. No obstante, para acreditar su adecuada ubicación y vinculación con el ordenamiento ecológico, se realizarán las siguientes acciones:

- El seguimiento documental de las medidas ambientales ejecutadas dentro de cada unidad.
- Se delimitarán cartográficamente las obras y superficies comprendidas en la MIA Regional.
- Se incorporará en los planos y anexos cartográficos la delimitación de la UGA CEN_APS_117.
- Se aplicarán los lineamientos, estrategias y criterios de regulación ecológica correspondientes a la UGA CEN_APS_117.
- Se implementarán las medidas de prevención, mitigación, control, compensación y restauración aplicables a las obras del proyecto.
- Se documentará el cumplimiento de las medidas ambientales mediante bitácoras, registros fotográficos, comprobantes e informes de supervisión.

Por lo anterior, la vinculación del "Proyecto Integral Villahermosa 2030, Puente Carrizal" con el POERET se realizará exclusivamente respecto de las disposiciones aplicables a la UGA CEN_APS_117.

Vinculación con los criterios generales de regulación ecológica

Los criterios generales de regulación ecológica contienen disposiciones transversales que deberán observarse en los proyectos y actividades desarrollados dentro del territorio regulado por el POERET. Para

el "Proyecto Integral Villahermosa 2030, Puente Carrizal" resultan relevantes los criterios relacionados con la movilidad de la fauna, protección de especies, conectividad ambiental, recuperación del suelo, prevención de la contaminación, gestión de riesgos e infraestructura de comunicación.

Tabla 15. Vinculación del "Proyecto Integral Villahermosa 2030, Puente Carrizal" con los criterios generales de regulación ecológica del POERET

Código	Disposición o alcance relevante	Vinculación con el "Proyecto Integral Villahermosa 2030, Puente Carrizal"	Forma de atención
CG2	Establece la implementación de pasos de fauna en carreteras e infraestructura nuevas, cuando así lo determine la autoridad ambiental, con la finalidad de garantizar el desplazamiento de la fauna silvestre y evitar la fragmentación de los hábitats.	El proyecto comprende la construcción de infraestructura vial sobre el río Carrizal, donde pueden presentarse desplazamientos de fauna terrestre, ribereña y acuática.	El diseño del puente mantendrá la continuidad del cauce y de sus márgenes, evitando la formación de una barrera continua sobre el terreno. Previamente al inicio de los trabajos se realizarán recorridos de reconocimiento y, cuando corresponda, se aplicarán acciones de ahuyentamiento, rescate y reubicación de fauna.
CG3	Los proyectos que modifiquen la cobertura vegetal natural deberán comprobar que no afectarán poblaciones de flora y fauna endémicas o incluidas en la NOM-059-SEMARNAT-2010.	La instalación de cimentaciones, estribos, accesos, instalaciones auxiliares y áreas temporales puede requerir el retiro de vegetación dentro de la superficie autorizada.	Se delimitarán las superficies de intervención y se verificará la presencia de especies incluidas en alguna categoría de riesgo. En caso de detectar ejemplares susceptibles de afectación, se aplicarán medidas de protección, rescate, reubicación o compensación, conforme a la legislación y a las autorizaciones correspondientes.
CG5	El diseño de los proyectos deberá disminuir al máximo la fragmentación de los ecosistemas, particularmente de humedales, selvas y vegetación secundaria, y mantener o crear corredores biológicos de vegetación natural.	El puente cruzará el río Carrizal e interactuará con el cauce, las riberas y la vegetación asociada, elementos que funcionan como espacios de conectividad ecológica.	La superficie de intervención se limitará a la estrictamente necesaria; se conservará la vegetación que no interfiera con las obras; se mantendrá la continuidad hidráulica y ecológica del río, y se restaurarán las superficies ocupadas temporalmente.
CG6	Las obras públicas o privadas que puedan provocar deterioro del suelo deberán incluir acciones de regeneración, recuperación y restablecimiento de su vocación general.	Las excavaciones para cimentaciones, pilas y estribos, así como la habilitación de accesos y áreas auxiliares, pueden ocasionar remoción, compactación o pérdida temporal del suelo.	El suelo vegetal aprovechable se recuperará y conservará para su utilización posterior; se controlará la erosión y el arrastre de sedimentos; se estabilizarán las superficies intervenidas, y se restaurarán las áreas de ocupación temporal al concluir la construcción.
CG9	El diseño de los proyectos deberá contemplar medidas para prevenir la contaminación del aire, agua y suelo y controlar las emisiones y vertidos contaminantes.	La construcción generará partículas, emisiones de maquinaria, residuos y riesgos asociados al manejo de combustibles, aceites,	Se controlará la dispersión de partículas; se proporcionará mantenimiento a vehículos y maquinaria; los residuos se separarán y entregarán a sitios o prestadores autorizados; no se realizarán descargas de

Código	Disposición o alcance relevante	Vinculación con el "Proyecto Integral Villahermosa 2030, Puente Carrizal"	Forma de atención
		lubricantes y concreto, especialmente por la proximidad del río Carrizal.	aguas residuales al cauce, y se habilitarán áreas acondicionadas para el almacenamiento de sustancias y la atención de derrames.
CG10	Otorga prioridad a los proyectos relacionados con protección civil y control de riesgos naturales, siempre que cumplan los criterios de la UGA, los atlas de riesgos, los instrumentos de desarrollo urbano y las autorizaciones ambientales aplicables.	Aunque el proyecto no tiene como finalidad exclusiva controlar riesgos naturales, se localiza en una zona con susceptibilidad a inundaciones y está expuesto a crecientes, erosión y socavación del cauce.	El diseño se sustentará en estudios hidrológicos, hidráulicos, geotécnicos y de socavación. Se conservará la capacidad de conducción del río y se implementarán procedimientos de protección civil y respuesta ante lluvias intensas, crecientes, inundaciones, derrames y accidentes de obra.
CG12	La infraestructura de interconexión, puertos y carreteras podrá establecerse mediante el cumplimiento de los criterios de la UGA, los instrumentos de desarrollo urbano y las autorizaciones municipales, estatales y federales aplicables.	El proyecto corresponde a infraestructura vial destinada a mejorar la conectividad urbana mediante la construcción de un puente y sus accesos sobre el río Carrizal.	Las obras se limitarán a las superficies autorizadas y se ejecutarán conforme al POERET, los instrumentos de ordenamiento territorial y desarrollo urbano y las autorizaciones ambientales, hidráulicas y de ocupación de zona federal que resulten aplicables.
CG13	La infraestructura de comunicación, incluidas las vías carreteras estatales y federales, constituye un elemento de integración territorial y podrá establecerse mediante el cumplimiento de los criterios ecológicos y los instrumentos de planeación aplicables.	El puente fortalecerá la integración territorial y la conectividad vial entre las zonas ubicadas en ambas márgenes del río Carrizal.	El proyecto se somete al procedimiento federal de evaluación del impacto ambiental mediante la presente MIA Regional. Asimismo, cumplirá los criterios de la UGA CEN_APS_117, los programas de desarrollo urbano y las medidas de prevención, mitigación, compensación y restauración establecidas.
CG17	En los proyectos, terrenos y parcelas ubicados en dos o más UGA, las disposiciones del ordenamiento ecológico deberán aplicarse de manera independiente a las secciones correspondientes a cada unidad.	La sobreposición cartográfica determina que la totalidad de las obras y superficies del proyecto se localiza en la UGA CEN_APS_117, sin incidencia en la UGA NAC_APS_132.	El supuesto de aplicación diferenciada previsto en el criterio CG17 no se actualiza. La vinculación se realizará exclusivamente con los lineamientos, estrategias y criterios de regulación ecológica aplicables a la UGA CEN_APS_117.

Vinculación con los criterios aplicables a los asentamientos humanos

Por su localización y función dentro de la estructura urbana de Villahermosa, el "Proyecto Integral Villahermosa 2030, Puente Carrizal" se vincula con los criterios aplicables a los asentamientos humanos, particularmente con las disposiciones relacionadas con la conservación de la dinámica hidrológica y el cumplimiento de los programas de desarrollo urbano con jurisdicción en la UGA CEN_APS_117.

Tabla 16. Vinculación con los criterios aplicables a los asentamientos humanos

Código	Disposición o alcance relevante	Vinculación con el "Proyecto Integral Villahermosa 2030, Puente Carrizal"	Forma de atención
CAH15	Los proyectos de urbanización deberán respetar la hidrodinámica natural del territorio, considerando periodos de retorno de al menos 100 años.	El proyecto cruza el río Carrizal y contempla la construcción de cimentaciones, pilas, estribos, superestructura, accesos y obras complementarias que pueden interactuar con el funcionamiento hidráulico del cauce y sus riberas.	El diseño se sustentará en estudios hidrológicos, hidráulicos y de socavación, considerando un periodo de retorno de al menos 100 años. La disposición de las pilas, estribos y protecciones conservará la capacidad de conducción del cauce y evitará obstrucciones, represamientos o modificaciones que incrementen los niveles de agua, la velocidad del flujo, la erosión o el riesgo de inundación en las zonas colindantes.
CAH17	Se deberán observar los lineamientos, normas y criterios establecidos en los programas de desarrollo urbano con jurisdicción en la UGA.	La totalidad de las obras se localiza dentro de la UGA CEN_APS_117 y se integra a la estructura vial y urbana del municipio de Centro.	La ejecución del proyecto atenderá las políticas, zonificación, usos, destinos, estructura vial, restricciones y condiciones de ocupación establecidas en el PEOTDU y en los instrumentos de desarrollo urbano aplicables al municipio de Centro. Asimismo, se obtendrán las licencias, permisos, dictámenes y autorizaciones correspondientes antes de ejecutar las actividades sujetas a dichos actos administrativos.

Medidas para mantener la congruencia con el POERET

Para mantener la congruencia del "Proyecto Integral Villahermosa 2030, Puente Carrizal" con la Política Ambiental de Aprovechamiento y con los lineamientos, estrategias y criterios de regulación ecológica aplicables a la UGA CEN_APS_117, se implementarán las siguientes medidas:

Tabla 17. Medidas de cumplimiento y vinculación con el POERET

Componente	Medida de cumplimiento
Delimitación de las obras	Las actividades se limitarán al polígono definido en la MIA Regional y en la autorización correspondiente. Se evitará habilitar frentes de trabajo, caminos, patios, almacenes o instalaciones auxiliares fuera de las superficies indispensables.
Vegetación y arbolado	Antes de iniciar las obras se identificarán los ejemplares y superficies con vegetación susceptibles de afectación. Se conservará la vegetación que no interfiera con la construcción y las actividades de poda, trasplante o retiro se realizarán conforme a las autorizaciones correspondientes.
Flora y fauna	Se efectuarán recorridos antes del desmonte, excavación o movimiento de maquinaria. Se prohibirá la captura, caza, daño o extracción de fauna y se implementarán, cuando correspondan, medidas de ahuyentamiento, rescate y reubicación.
Conectividad ecológica	El diseño y la construcción del puente mantendrán la continuidad del río Carrizal y de sus márgenes como espacios para el desplazamiento de fauna. Las obras evitarán formar barreras continuas o afectar superficies distintas de las autorizadas.

Componente	Medida de cumplimiento
Suelo	El suelo vegetal aprovechable se recuperará y conservará para su utilización en actividades de restauración. Se controlarán la compactación, erosión y dispersión de sedimentos y se estabilizarán las superficies intervenidas.
Cauce y riberas	Los trabajos en el cauce y sus riberas se limitarán a las superficies indispensables para la construcción de cimentaciones, pilas, estribos y protecciones. Se evitará el depósito de materiales, residuos, concreto o sustancias contaminantes en el río Carrizal y en la zona federal.
Funcionamiento hidráulico	La disposición de las pilas, estribos y protecciones conservará la capacidad de conducción del cauce. Se evitarán obstrucciones, represamientos y modificaciones que incrementen los niveles de agua, las velocidades del flujo, la erosión, la socavación o el riesgo de inundación.
Excavaciones, rellenos y terraplenes	Las excavaciones, rellenos y terraplenes asociados con las cimentaciones y accesos se ejecutarán conforme al diseño autorizado y a los estudios geotécnicos, hidrológicos, hidráulicos y de socavación. No se modificarán innecesariamente los niveles del terreno ni los patrones naturales de escurrimiento.
Control de sedimentos	Durante las excavaciones y trabajos próximos al río se instalarán medidas para retener materiales y evitar su arrastre hacia el cauce. Los productos de excavación se almacenarán temporalmente en sitios acondicionados y fuera de las áreas susceptibles de inundación.
Residuos	Los residuos sólidos urbanos, de manejo especial y peligrosos se separarán, identificarán y almacenarán temporalmente en áreas acondicionadas. Posteriormente se entregarán a prestadores de servicios o sitios autorizados, conservando la documentación que acredite su manejo.
Combustibles y sustancias	Los combustibles, aceites, lubricantes y demás sustancias se almacenarán en áreas impermeables, protegidas y con dispositivos de contención. Se contará con materiales para atender derrames y el mantenimiento mayor de maquinaria se realizará únicamente en sitios acondicionados.
Aguas residuales	No se descargarán aguas residuales sanitarias o de proceso en el río Carrizal, sus riberas o el suelo. Se utilizarán sanitarios portátiles cuyo contenido será retirado y manejado por una empresa autorizada.
Emisiones y partículas	Los vehículos y la maquinaria se mantendrán en condiciones adecuadas de operación. Se aplicará riego en las superficies expuestas cuando resulte necesario y los materiales susceptibles de dispersión se cubrirán durante su transporte.
Ruido	La maquinaria operará en condiciones adecuadas de mantenimiento y dentro de los horarios autorizados. Se evitará mantener equipos encendidos innecesariamente y se aplicarán medidas para reducir las molestias a viviendas, establecimientos y equipamientos cercanos.
Servicios urbanos	Antes de iniciar los trabajos se identificarán las redes de energía eléctrica, telecomunicaciones, agua potable, drenaje y demás servicios existentes. Su protección, adecuación o reubicación se coordinará con los organismos responsables para evitar interrupciones innecesarias.
Restauración y revegetación	Al concluir la construcción se retirarán las instalaciones provisionales, residuos y materiales sobrantes. Las superficies ocupadas temporalmente se estabilizarán, restaurarán y, cuando corresponda, revegetarán con especies adecuadas para las condiciones locales.
Gestión de riesgos	Se implementarán procedimientos de respuesta ante lluvias intensas, crecientes del río, inundaciones, derrames, incendios y accidentes de obra. Los materiales, equipos y sustancias se mantendrán fuera de las zonas expuestas a crecientes cuando no se encuentren en uso.
Seguimiento ambiental	El cumplimiento se documentará mediante bitácoras, registros fotográficos, planos, comprobantes de manejo de residuos e informes de supervisión ambiental. Esta información permitirá acreditar la aplicación de las medidas y atender las condicionantes establecidas por la autoridad.

Congruencia ecológica

La sobreposición del polígono georreferenciado del "Proyecto Integral Villahermosa 2030, Puente Carrizal" con la cartografía oficial del POERET determina que la totalidad de las obras y superficies comprendidas en la presente Manifestación de Impacto Ambiental, modalidad Regional, se localiza dentro de la UGA CEN_APS_117, correspondiente al municipio de Centro y sujeta a una Política Ambiental de Aprovechamiento. No se identifica incidencia territorial en la UGA NAC_APS_132.

El proyecto presenta congruencia con la Política Ambiental de Aprovechamiento, debido a que corresponde a infraestructura pública de comunicación y movilidad, considerada entre los usos sectoriales compatibles de la UGA CEN_APS_117. Su ejecución fortalecerá la conectividad entre las zonas localizadas en ambas márgenes del río Carrizal y mejorará la integración de la infraestructura vial existente.

El supuesto previsto en el criterio CG17 no se actualiza, debido a que el proyecto no se localiza en dos o más UGA. En consecuencia, la vinculación se realiza exclusivamente con los lineamientos, estrategias y criterios de regulación ecológica aplicables a la UGA CEN_APS_117.

La congruencia ecológica se mantendrá mediante la delimitación de las superficies de trabajo; la conservación de la capacidad hidráulica del río Carrizal; la prevención de obstrucciones, represamientos, erosión y socavación; la protección de la vegetación y la fauna; el control de emisiones, residuos, sedimentos y sustancias contaminantes, y la restauración de las áreas ocupadas temporalmente. Asimismo, se cumplirán las autorizaciones y condicionantes que establezcan las autoridades competentes.

Con la aplicación de estas medidas, las obras se desarrollarán dentro de las superficies autorizadas, conservarán la funcionalidad hidráulica y ecológica del río Carrizal y atenderán las disposiciones aplicables del POERET. De esta manera, el "Proyecto Integral Villahermosa 2030, Puente Carrizal" mantiene congruencia con el modelo de ordenamiento ecológico regional y con la Política Ambiental de Aprovechamiento asignada a la UGA CEN_APS_117.

2.4. Programas y/o Planes de Desarrollo Urbano

2.4.1. Programa Municipal de Desarrollo Urbano de Nacajuca, Tabasco

El Programa Municipal de Desarrollo Urbano de Nacajuca constituye el instrumento de planeación territorial aplicable al territorio de dicho municipio. Establece las políticas, estrategias y lineamientos generales para orientar la ocupación del suelo, el desarrollo de los asentamientos humanos, la movilidad, la infraestructura, la protección ambiental y la gestión integral de riesgos.

El polígono del "Proyecto Integral Villahermosa 2030, Puente Carrizal" se localiza en el sector de contacto territorial y funcional entre los municipios de Centro y Nacajuca, dentro del ámbito de la Zona Conurbada Villahermosa–Nacajuca. En consecuencia, las obras y superficies que, conforme al deslinde municipal

oficial, se ubiquen en Nacajuca deberán atender las disposiciones de competencia de dicho municipio y los mecanismos de coordinación establecidos para la zona conurbada.

No obstante, la zonificación secundaria contenida en el Programa Municipal de Desarrollo Urbano de Nacajuca no resulta aplicable directamente al área conurbada en la que se encuentra el proyecto. La Declaratoria de la Zona Conurbada Villahermosa–Nacajuca, publicada en el Periódico Oficial del Estado de Tabasco el 19 de noviembre de 2025, reconoce que el Programa Municipal excluyó expresamente esta superficie, con la finalidad de que su regulación se efectuara mediante un Programa de Desarrollo Urbano de la Zona Conurbada Villahermosa–Nacajuca.

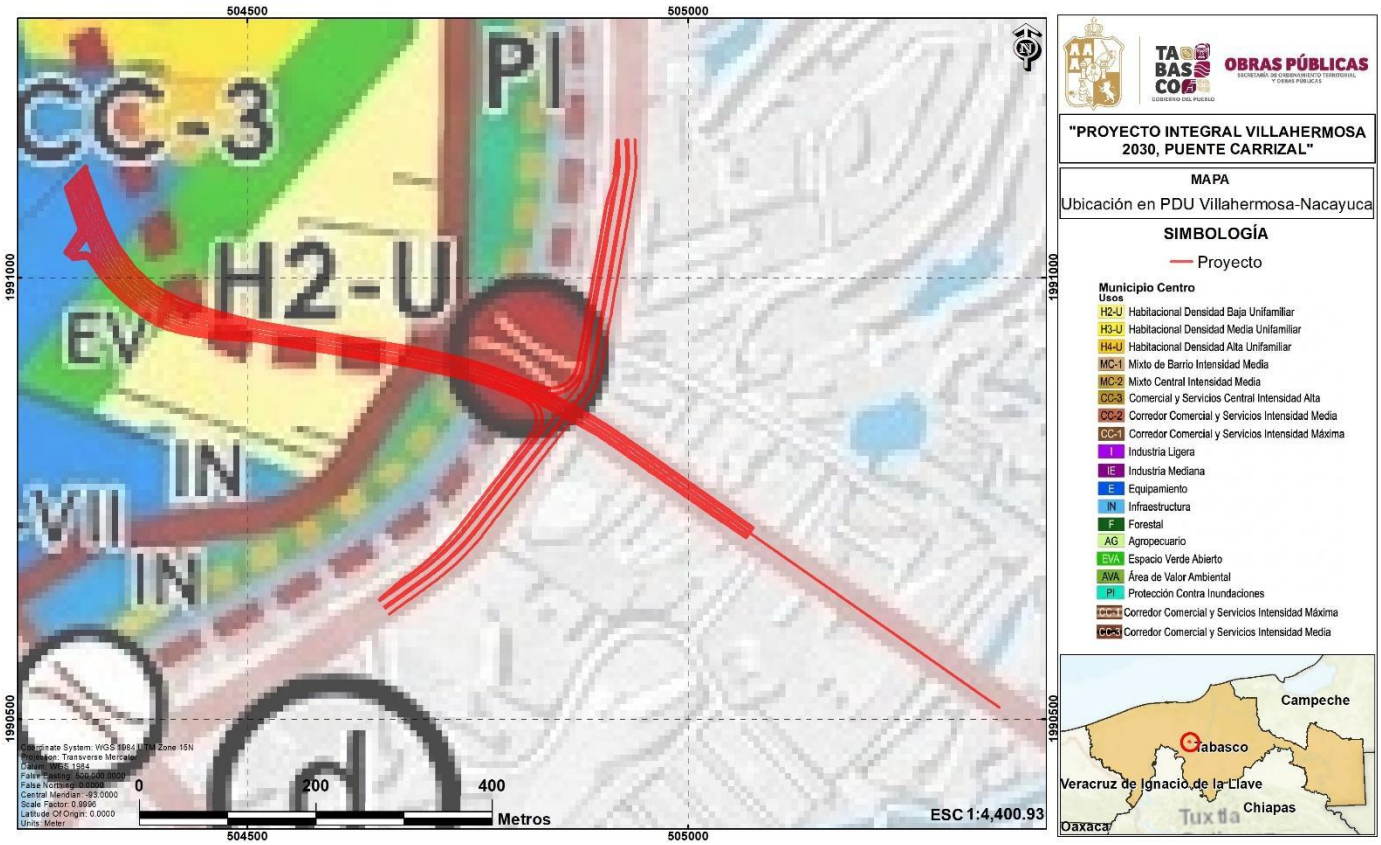


Figura 3. Ubicación del proyecto respecto al Programa Municipal de Desarrollo Urbano de Nacajuca, Tabasco

Por lo anterior, no resulta procedente asignar al proyecto la clasificación de Equipamiento, clave E-V, correspondiente al Parque Tabasco, ni sustentar su congruencia urbana exclusivamente en dicha categoría. Esa determinación no acredita el uso del suelo aplicable a las obras del Puente Carrizal.

Mientras entra en vigor el Programa de Desarrollo Urbano de la Zona Conurbada Villahermosa–Nacajuca, la vinculación territorial del proyecto se sustentará en la Declaratoria de la Zona Conurbada, en las

disposiciones generales del Programa Municipal de Desarrollo Urbano de Nacajuca, en los instrumentos vigentes del municipio de Centro y en los dictámenes, constancias, licencias y autorizaciones que emitan las autoridades competentes.

La construcción del puente y de sus componentes asociados se realizará dentro de las superficies autorizadas, respetando los límites municipales, derechos de vía, zonas federales, restricciones hidráulicas, usos y destinos colindantes y demás disposiciones territoriales aplicables. Asimismo, se conservará la capacidad hidráulica del río Carrizal, se evitará la ocupación innecesaria de sus riberas y se coordinará la ejecución de las obras con las autoridades de Centro, Nacajuca y del Gobierno del Estado.

La congruencia territorial del proyecto se mantendrá mediante:

- La delimitación cartográfica de las obras ubicadas en cada municipio.
- La obtención de las constancias de factibilidad, compatibilidad o uso del suelo que correspondan.
- La observancia de la Declaratoria de la Zona Conurbada Villahermosa–Nacajuca.
- La coordinación intermunicipal para la construcción, operación y mantenimiento del puente.
- La actualización de esta vinculación si el Programa de Desarrollo Urbano de la Zona Conurbada entra en vigor antes de la autorización o ejecución del proyecto.
- El cumplimiento de las restricciones federales aplicables al cauce, las riberas y la zona federal del río Carrizal.

2.4.2. Programa Municipal de Desarrollo Urbano de Centro

El Programa Municipal de Desarrollo Urbano de Centro (PMDU Centro), publicado en el Periódico Oficial del Estado de Tabasco el 27 de diciembre de 2023, constituye el instrumento de planeación territorial aplicable al municipio de Centro. Su contenido establece las políticas, estrategias y acciones para orientar el aprovechamiento del territorio, así como la conservación, el mejoramiento y el crecimiento ordenado de los centros de población.

Para el “Proyecto Integral Villahermosa 2030, Puente Carrizal”, la sobreposición cartográfica determina que las obras comprendidas en la presente Manifestación de Impacto Ambiental, modalidad Regional, se localizan dentro del Área de Gestión Territorial AGT-27004-08, sujeta a una Política Urbana y Ambiental de Consolidación. Esta política se orienta al fortalecimiento de las áreas incorporadas a la dinámica urbana mediante el aprovechamiento eficiente de la infraestructura y los servicios existentes, el mejoramiento de la movilidad y la articulación de los distintos sectores de la ciudad.

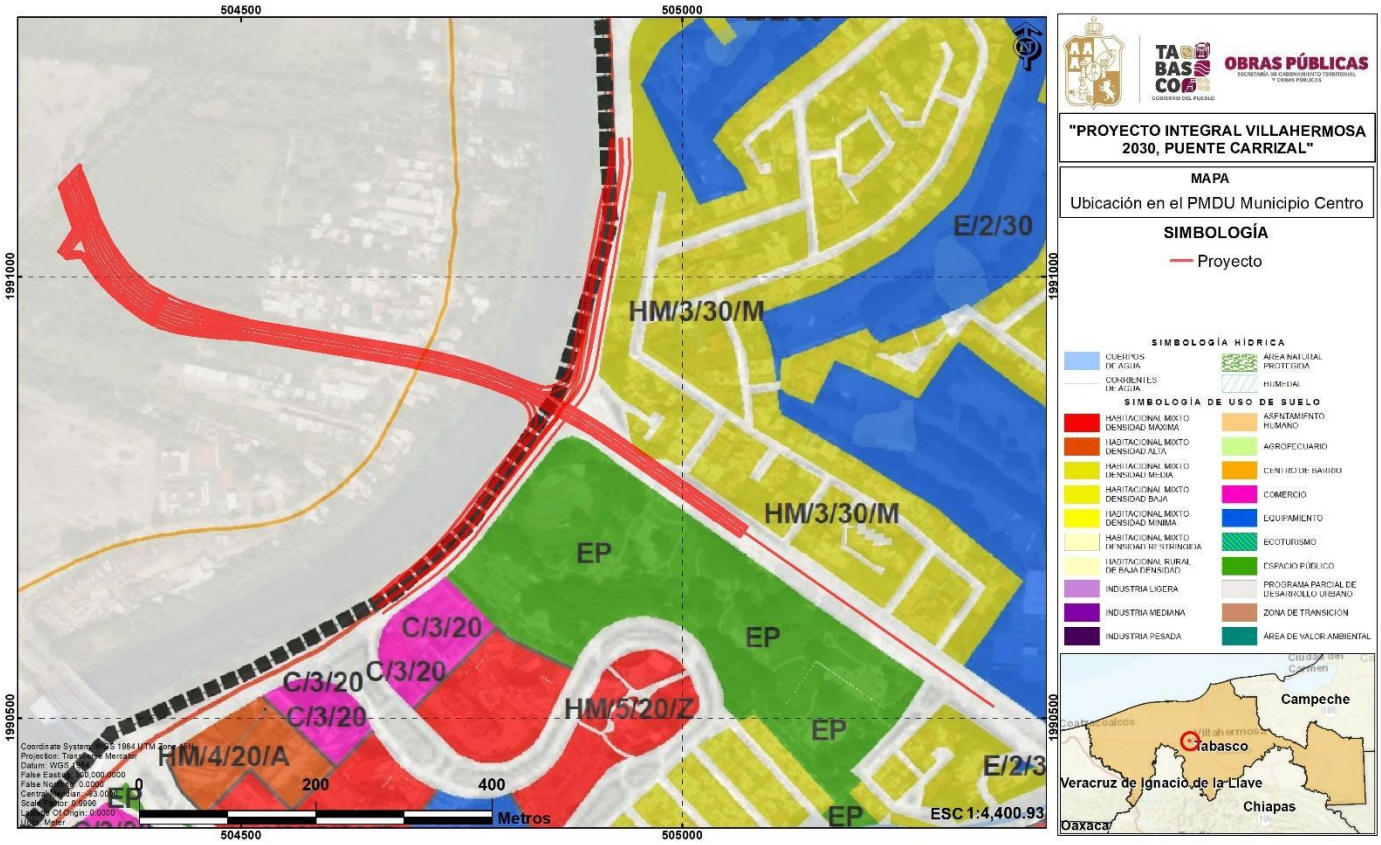


Figura 4. Ubicación del proyecto respecto al Programa Municipal de Desarrollo Urbano de Centro, Tabasco

En la Zonificación Primaria, las obras se relacionan con suelo Urbanizado y Urbanizable. El suelo Urbanizado comprende las superficies integradas al tejido urbano que cuentan con infraestructura, servicios, equipamientos y vialidades, mientras que el suelo Urbanizable corresponde a las áreas previstas para el crecimiento ordenado de los centros de población. En ambas categorías, la infraestructura vial constituye un elemento necesario para mejorar la conectividad y articular el funcionamiento de las zonas ubicadas en ambas márgenes del río Carrizal.

La naturaleza del proyecto presenta congruencia con la Política Urbana y Ambiental de Consolidación, debido a que contempla la construcción de infraestructura pública destinada a resolver el cruce sobre el río Carrizal, mejorar la conectividad y fortalecer la integración de la red vial existente. La obra aprovechará y complementará la estructura urbana mediante la construcción del puente, cimentaciones, pilas, estribos, superestructura, accesos, rampas, pavimentos, banquetas, señalización, alumbrado, drenaje pluvial, obras inducidas y demás elementos necesarios para su funcionamiento. Su ejecución se realizará respetando la zonificación, los derechos de vía, las restricciones urbanas y las condiciones hidráulicas aplicables.

Tabla 18. Vinculación del proyecto con el Programa Municipal de Desarrollo Urbano de Centro

Componente	Determinación aplicable	Análisis territorial	Vinculación con el proyecto
Ámbito territorial	Municipio de Centro, Tabasco	Las obras comprendidas en la MIA Regional se localizan dentro del municipio de Centro y forman parte de la estructura urbana de Villahermosa.	El proyecto se sujetará a las políticas, estrategias, usos, destinos y disposiciones territoriales establecidas por el PMDU Centro.
Área de Gestión Territorial	AGT-27004-08	Constituye la unidad territorial en la que se localizan las obras del Puente Carrizal y sus componentes asociados.	La infraestructura fortalecerá la conectividad, movilidad y articulación urbana de esta Área de Gestión Territorial.
Política Urbana y Ambiental	Consolidación	Promueve el aprovechamiento eficiente de la infraestructura, los servicios y el suelo incorporado a la dinámica urbana.	El proyecto complementará la infraestructura vial de un sector urbano existente y mejorará la comunicación entre las zonas ubicadas en ambas márgenes del río Carrizal.
Zonificación Primaria	Suelo Urbanizado y Urbanizable	Las obras se relacionan con superficies integradas al tejido urbano y con áreas previstas para el crecimiento ordenado de la ciudad.	El puente funcionará como elemento articulador entre las áreas urbanizadas y urbanizables, sin establecer un nuevo uso habitacional, comercial o industrial.
Infraestructura y movilidad	Infraestructura vial y de comunicación	El PMDU promueve el mejoramiento de la conectividad y de los servicios urbanos como parte del proceso de consolidación.	El proyecto comprende la construcción del puente, accesos, rampas, pavimentos, banquetas, señalización, alumbrado, drenaje pluvial y dispositivos de seguridad vial.
Equipamiento urbano	Vinculación con equipamientos de cobertura urbana y regional	El sector cuenta con equipamientos y servicios que generan desplazamientos y requieren condiciones adecuadas de accesibilidad.	El puente mejorará la accesibilidad general del sector y su conexión con los equipamientos y servicios urbanos existentes.
Gestión del riesgo	Protección de la población y de la infraestructura urbana	El proyecto se localiza en una planicie aluvial y cruza el río Carrizal, por lo que se encuentra sujeto a condiciones de inundación, erosión y socavación.	El diseño se sustentará en estudios hidrológicos, hidráulicos, geotécnicos y de socavación. Las pilas, estribos y protecciones conservarán la capacidad de conducción del cauce y evitarán incrementar los riesgos para la población y la infraestructura colindante.
Componentes ambientales	Protección de la vegetación, el suelo, el cauce y las riberas	La consolidación urbana deberá realizarse sin deteriorar los elementos naturales que proporcionan servicios ambientales y contribuyen a la regulación hidráulica.	Las actividades se limitarán a las superficies autorizadas y se aplicarán medidas para proteger la vegetación y fauna, controlar los sedimentos, manejar los residuos y prevenir derrames o aportes contaminantes al río Carrizal.
Servicios urbanos	Protección, adecuación o	En el área del proyecto se identifican redes eléctricas, hidráulicas,	La protección o reubicación de los servicios se coordinará con los organismos

Componente	Determinación aplicable	Análisis territorial	Vinculación con el proyecto
	reubicación de infraestructura existente	sanitarias, pluviales y de telecomunicaciones.	responsables, evitando interrupciones innecesarias y garantizando su restitución.
Congruencia territorial	Congruente	La Política de Consolidación y la clasificación como suelo Urbanizado y Urbanizable permiten el desarrollo de infraestructura pública que fortalezca la estructura urbana.	El proyecto mejorará la conectividad vial sin modificar los usos y destinos asignados a los predios colindantes, siempre que se cumplan las restricciones urbanas y se obtengan las autorizaciones aplicables.

La actualización de la cartografía de los distritos urbanos de Villahermosa y sus centros metropolitanos, publicada el 17 de diciembre de 2025, derogó las disposiciones de Zonificación Secundaria contenidas en el capítulo VIII del PMDU Centro, con la finalidad de evitar duplicidades entre instrumentos de planeación. En el Distrito XIII "Loma de Caballo", la regulación secundaria se mantiene mediante su Programa Parcial de Desarrollo Urbano, debido a que este instrumento establece una zonificación específica y de mayor detalle para el sector.

Con base en lo anterior, el "Proyecto Integral Villahermosa 2030, Puente Carrizal" presenta congruencia con el PMDU Centro. Su localización dentro de la AGT-27004-08, su relación con la Política Urbana y Ambiental de Consolidación y su incidencia en suelo Urbanizado y Urbanizable respaldan la construcción de infraestructura pública destinada a resolver el cruce sobre el río Carrizal, fortalecer la conectividad vial y mejorar la articulación de los sectores urbanos ubicados en ambas márgenes.

La regulación secundaria de las superficies comprendidas en el Distrito XIII "Loma de Caballo" se analizará conforme a su Programa Parcial de Desarrollo Urbano. En consecuencia, la construcción del puente, sus accesos, rampas, cimentaciones, pilas, estribos, obras de drenaje y demás componentes asociados deberá observar los usos, destinos, restricciones y condiciones establecidos por dicho instrumento.

La congruencia territorial se mantendrá mediante la ejecución de las obras dentro de las superficies autorizadas, la conservación de los usos y destinos colindantes, la integración con la estructura vial existente, la protección de los servicios urbanos y la aplicación de medidas para conservar la funcionalidad hidráulica del río Carrizal, prevenir riesgos y proteger los componentes ambientales del área.

2.4.3. Programa Parcial de Desarrollo Urbano del Distrito XIII "Loma de Caballo"

El Programa Parcial de Desarrollo Urbano del Distrito XIII "Loma de Caballo", publicado en el Periódico Oficial del Estado de Tabasco el 29 de mayo de 2019, constituye el instrumento de planeación urbana de mayor detalle aplicable a las superficies del municipio de Centro comprendidas dentro de dicho Distrito. Su objeto es regular la ocupación del territorio mediante la definición de usos y destinos del suelo, estructura vial, equipamientos, infraestructura, medidas ambientales y acciones para la gestión de riesgos.

La actualización de la cartografía municipal publicada el 17 de diciembre de 2025 mantuvo la aplicación del Programa Parcial en el Distrito XIII, debido a que este sector cuenta con una Zonificación Secundaria específica. En consecuencia, sus disposiciones resultan aplicables a las obras y superficies del "Proyecto Integral Villahermosa 2030, Puente Carrizal" que se encuentran dentro de la delimitación territorial del Distrito XIII.

La aplicación del Programa Parcial al proyecto es parcial y deberá determinarse de acuerdo con la ubicación de cada componente. Las cimentaciones, accesos, rampas, obras complementarias y superficies temporales ubicadas dentro del Distrito XIII se sujetarán a sus usos, destinos, restricciones y normas urbanas. Las obras localizadas fuera de su delimitación se vincularán con los instrumentos y zonificaciones correspondientes.

El Programa Parcial asigna el uso Equipamiento Regional, clave ER, al Parque Tabasco, al Museo Interactivo Papagayo, al Centro Deportivo Olimpia XXI y a dos superficies destinadas a Centros de Transferencia Modal. Esta categoría comprende 80.21 ha y representa el 2.37 % de la superficie del Distrito XIII y su área de influencia. Aunque la totalidad del Puente Carrizal no se localiza dentro de este uso, el proyecto mantiene una relación funcional con los equipamientos regionales del sector, debido a que mejorará su accesibilidad y conexión con la estructura vial de Villahermosa.

La principal vinculación del proyecto con el Programa Parcial se encuentra en su cartera de proyectos estratégicos. El Proyecto Estratégico 6 establece la ampliación de Prolongación Paseo Usumacinta-Bicentenario hasta la carretera federal Villahermosa-Cárdenas mediante un corredor vial de 7.95 km, integrado por diferentes acciones de movilidad e infraestructura.

Dentro de este proyecto estratégico, el PE-6a establece expresamente la construcción del puente de prolongación de Paseo Tabasco y la creación de un circuito alrededor de las instalaciones de la Feria Tabasco y del sitio previsto para el Centro de Convenciones y Exposiciones de Villahermosa. Su finalidad consiste en generar una alternativa adicional para cruzar el río Carrizal y prevé la incorporación de un carril exclusivo por sentido para el transporte público.

Esta determinación presenta una correspondencia directa con el "Proyecto Integral Villahermosa 2030, Puente Carrizal", debido a que la obra materializa el cruce previsto por el Programa Parcial. El proyecto contempla una estructura elevada sobre el río Carrizal, integrada por superestructura, cimentaciones, pilas, estribos, accesos, rampas, pavimentos, banquetas, drenaje pluvial, alumbrado, señalización y dispositivos de seguridad.

El PE-6b, relativo a la construcción de un Centro de Transferencia Modal en el Parque Tabasco, y el PE-6i, relacionado con el mejoramiento de la intersección de Prolongación Paseo Usumacinta y avenida Bicentenario, no forman parte directa de las obras evaluadas en la presente MIA Regional. No obstante, constituyen acciones complementarias que demuestran que el puente fue concebido como parte de una estrategia integral de movilidad, transporte público, accesibilidad y conectividad urbana.

Tabla 19. Vinculación del proyecto con el Programa Parcial de Desarrollo Urbano del Distrito XIII "Loma de Caballo"

Componente	Determinación del Programa Parcial	Vinculación con el proyecto	Forma de atención
Ámbito territorial	Distrito XIII "Loma de Caballo" y su área de influencia.	Una parte de las obras y superficies del Puente Carrizal se localiza dentro del ámbito regulado por el Programa Parcial.	Las obras comprendidas dentro del Distrito se sujetarán a su Zonificación Secundaria, restricciones y normas urbanas.
Zonificación Secundaria	Establece usos y destinos específicos para el Distrito XIII.	El puente comprende componentes localizados en superficies sujetas al Programa Parcial y otros situados fuera de su delimitación.	La vinculación se realizará de manera diferenciada para cada obra y superficie, de acuerdo con su ubicación cartográfica.
Equipamiento Regional	El uso ER comprende el Parque Tabasco, el Museo Interactivo Papagayo, el Centro Deportivo Olimpia XXI y superficies destinadas a CETRAM.	El puente no constituye un equipamiento regional, pero mejorará la accesibilidad y conectividad de estos equipamientos.	Se conservarán sus usos y destinos y se evitará la ocupación de superficies de equipamiento fuera de las autorizadas.
Proyecto Estratégico 6	Ampliación de Prolongación Paseo Usumacinta-Bicentenario hasta la carretera federal Villahermosa-Cárdenas.	El puente forma parte de la estrategia vial y de movilidad prevista para el poniente de Villahermosa.	El diseño se integrará con las vialidades existentes y con las acciones de movilidad previstas por el Programa Parcial.
PE-6a	Construcción del puente de prolongación de Paseo Tabasco para crear una alternativa adicional de cruce del río Carrizal.	Existe correspondencia directa entre el proyecto estratégico y el Puente Carrizal evaluado en la MIA Regional.	Se ejecutará el puente con sus accesos, rampas, obras de drenaje, banquetas, alumbrado, señalización y dispositivos de seguridad.
Transporte público	El PE-6a prevé un carril exclusivo por sentido para el transporte público.	El puente se integrará al corredor de movilidad del Proyecto Integral Villahermosa 2030.	El diseño garantizará la continuidad y operación segura de la infraestructura prevista para el transporte público.
Gestión hidráulica y riesgos	El Programa Parcial reconoce la vulnerabilidad del Distrito XIII ante inundaciones y la importancia de proteger los cauces, drenes y cuerpos de agua.	El proyecto cruza directamente el río Carrizal y requiere cimentaciones y apoyos próximos o dentro del cauce y sus riberas.	El diseño se sustentará en estudios hidrológicos, hidráulicos, geotécnicos y de socavación y conservará la capacidad de conducción del río.
PE-6b y PE-6i	CETRAM del Parque Tabasco y mejoramiento de intersecciones mediante accesibilidad, señalización, iluminación y paisajismo.	Son acciones complementarias de la estrategia integral, pero no forman parte directa de las obras evaluadas en esta MIA Regional.	Se considerarán únicamente como elementos de contexto y articulación urbana, sin incorporarlos como obras del proyecto.

Con base en lo anterior, el "Proyecto Integral Villahermosa 2030, Puente Carrizal" presenta congruencia directa con el Programa Parcial, debido a que corresponde al puente previsto expresamente por el Proyecto

Estratégico PE-6a. Su construcción contribuirá a generar una nueva alternativa para cruzar el río Carrizal, fortalecer la conectividad vial y articular los sectores urbanos ubicados en ambas márgenes.

La congruencia territorial se mantendrá mediante el cumplimiento de la Zonificación Secundaria aplicable a cada superficie, la ejecución de las obras dentro de los polígonos autorizados, la protección de los usos y destinos colindantes, la integración con el sistema vial primario y la conservación de la funcionalidad hidráulica y ambiental del río Carrizal.

2.5. Decretos y programas de conservación y manejo de las áreas naturales protegidas

Con la finalidad de identificar posibles restricciones, condicionantes o elementos ambientales relevantes asociados con superficies sujetas a protección o reconocidas por su importancia para la conservación de la biodiversidad, se realizó la sobreposición cartográfica del "Proyecto Integral Villahermosa 2030, Puente Carrizal" respecto de las Áreas Naturales Protegidas (ANP) de competencia federal, estatal y municipal, Áreas Destinadas Voluntariamente a la Conservación (ADVC), Áreas de Importancia para la Conservación de las Aves (AICA), Regiones Terrestres Prioritarias (RTP), Regiones Hidrológicas Prioritarias (RHP), Regiones Marinas Prioritarias (RMP), Sitios Ramsar y Unidades de Manejo para la Conservación de la Vida Silvestre (UMA).

El análisis considera la ubicación de las obras y superficies comprendidas en la presente Manifestación de Impacto Ambiental, Modalidad Regional, correspondientes a la construcción del puente sobre el río Carrizal y sus componentes asociados, entre ellos cimentaciones, pilas, estribos, superestructura, accesos, obras hidráulicas y de drenaje, protecciones, instalaciones auxiliares y áreas de ocupación permanente y temporal necesarias para su ejecución.

2.5.1. Áreas Naturales Protegidas

Para determinar la posible incidencia del proyecto sobre Áreas Naturales Protegidas se realizó la sobreposición de las obras con la cartografía correspondiente a las ANP de competencia federal, estatal y municipal, así como con las Áreas Destinadas Voluntariamente a la Conservación.

De acuerdo con el análisis cartográfico realizado, las obras y superficies del "Proyecto Integral Villahermosa 2030, Puente Carrizal" no se localizan dentro ni presentan sobreposición con los polígonos de las Áreas Naturales Protegidas identificadas en el ámbito regional.

Entre las ANP estatales más próximas se encuentran el Parque Ecológico Laguna La Lima y la Reserva Ecológica Laguna de las Ilusiones. Ambas se localizan fuera de las superficies de ocupación del proyecto, por lo que no se prevé la intervención directa de sus ecosistemas, cuerpos de agua, zonas de protección o componentes de conservación. La Reserva Ecológica Laguna de las Ilusiones cuenta con decreto y programa de manejo publicados por el Gobierno del Estado de Tabasco.

Como se observa en la siguiente Figura, el proyecto se encuentra separado de los polígonos de las ANP estatales representadas. Asimismo, no se identifica sobreposición con Áreas Naturales Protegidas de competencia federal o municipal.

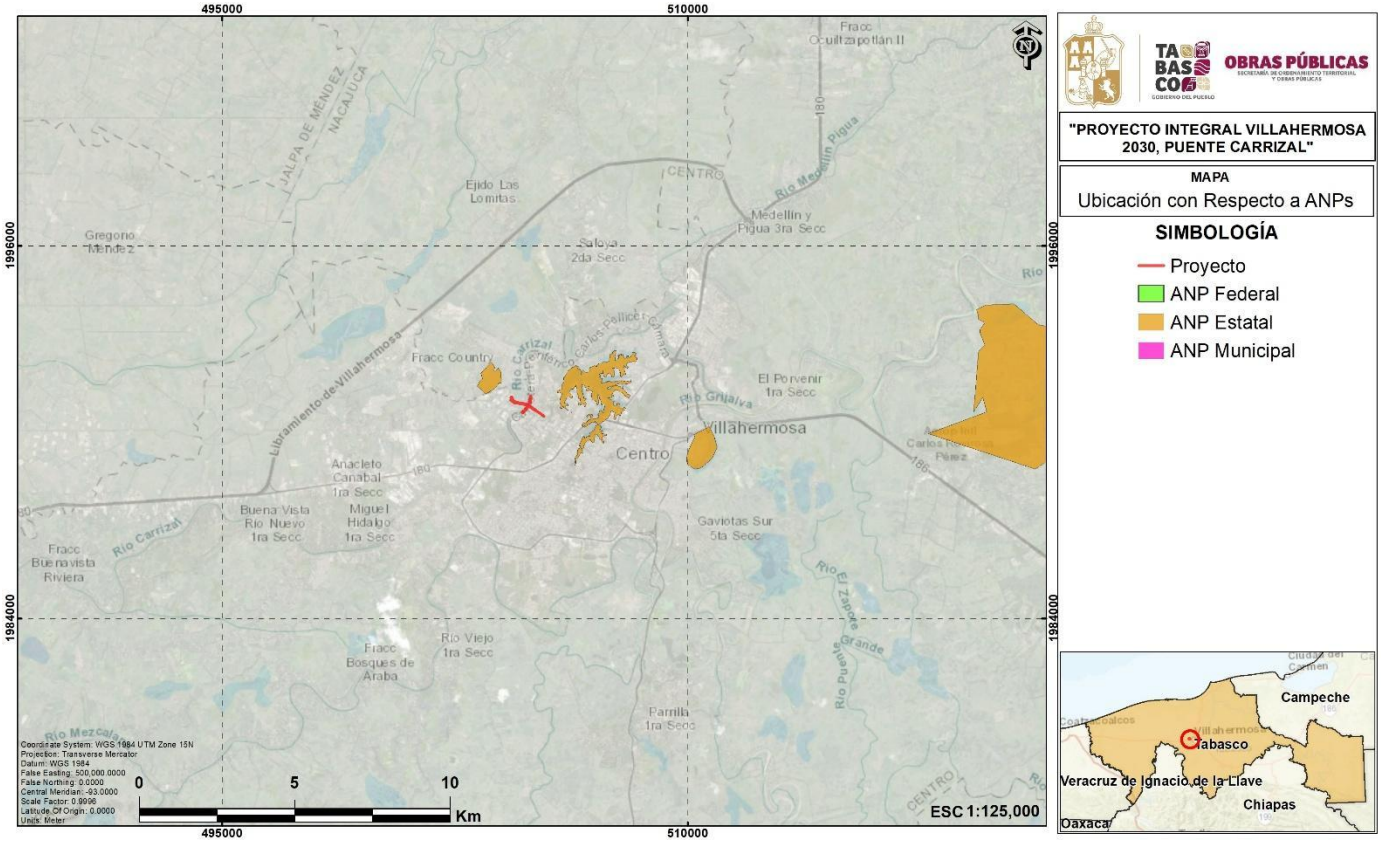


Figura 5. Ubicación del "Proyecto Integral Villahermosa 2030, Puente Carrizal" respecto de las Áreas Naturales Protegidas.

En consecuencia, la construcción del puente no implica la ocupación, fragmentación o modificación directa de superficies comprendidas dentro de alguna ANP o ADVC. Por tanto, no se identifican restricciones directas derivadas de los decretos o programas de manejo correspondientes sobre las obras evaluadas en la presente MIA regional.

No obstante, debido a la interacción del proyecto con el río Carrizal y a la conectividad hidrológica existente en el ámbito regional, durante la preparación del sitio y construcción se aplicarán medidas para prevenir afectaciones indirectas sobre los cuerpos de agua y ecosistemas asociados. Entre estas medidas se consideran:

- Delimitar las superficies y frentes de trabajo.
- Evitar la ocupación de áreas distintas de las autorizadas.
- Controlar la erosión y el transporte de sedimentos hacia el río Carrizal.

- Prohibir el depósito de residuos, materiales de excavación, concreto, combustibles, aceites o sustancias contaminantes en el cauce, las riberas y el drenaje pluvial.
- Acondicionar las áreas destinadas al almacenamiento de combustibles y sustancias.
- Contar con materiales y procedimientos para la atención inmediata de derrames.
- Proteger la vegetación y la fauna presente en las riberas y superficies colindantes.
- Mantener la continuidad hidráulica y evitar obstrucciones al flujo del río.
- Retirar las instalaciones provisionales y restaurar las áreas ocupadas temporalmente.
- Documentar el cumplimiento mediante supervisión ambiental, bitácoras y registros fotográficos.

Por lo anterior, se determina que el "Proyecto Integral Villahermosa 2030, Puente Carrizal" es compatible con el régimen de protección de las Áreas Naturales Protegidas identificadas en el ámbito regional, debido a que las obras se desarrollarán fuera de sus polígonos. Esta determinación no exime del cumplimiento de las disposiciones aplicables al cauce, las riberas y la zona federal del río Carrizal, ni de la obtención de las autorizaciones ambientales, hidráulicas y territoriales correspondientes.

2.5.2. Áreas de Importancia para la Conservación de las Aves

Las Áreas de Importancia para la Conservación de las Aves (AICA) constituyen regiones identificadas por su relevancia para la conservación de las poblaciones de aves y de los hábitats necesarios para su alimentación, reproducción, refugio y desplazamiento. Aunque esta categoría no equivale por sí misma a un decreto de Área Natural Protegida, representa un referente técnico para la planeación y protección de la biodiversidad.

De acuerdo con la sobreposición cartográfica realizada, en el ámbito regional se identifica el AICA "Pantanos de Centla", localizada al noreste del "Proyecto Integral Villahermosa 2030, Puente Carrizal". Sin embargo, las obras y superficies comprendidas en la presente Manifestación de Impacto Ambiental, Modalidad Regional, no presentan sobreposición con dicho polígono.

Como se observa en la siguiente Figura, el proyecto se encuentra fuera del AICA Pantanos de Centla, por lo que la construcción del puente, sus accesos, cimentaciones, pilas, estribos, obras hidráulicas, instalaciones auxiliares y superficies de ocupación temporal y permanente no producirán una afectación territorial directa sobre esta región de importancia para la conservación de las aves.

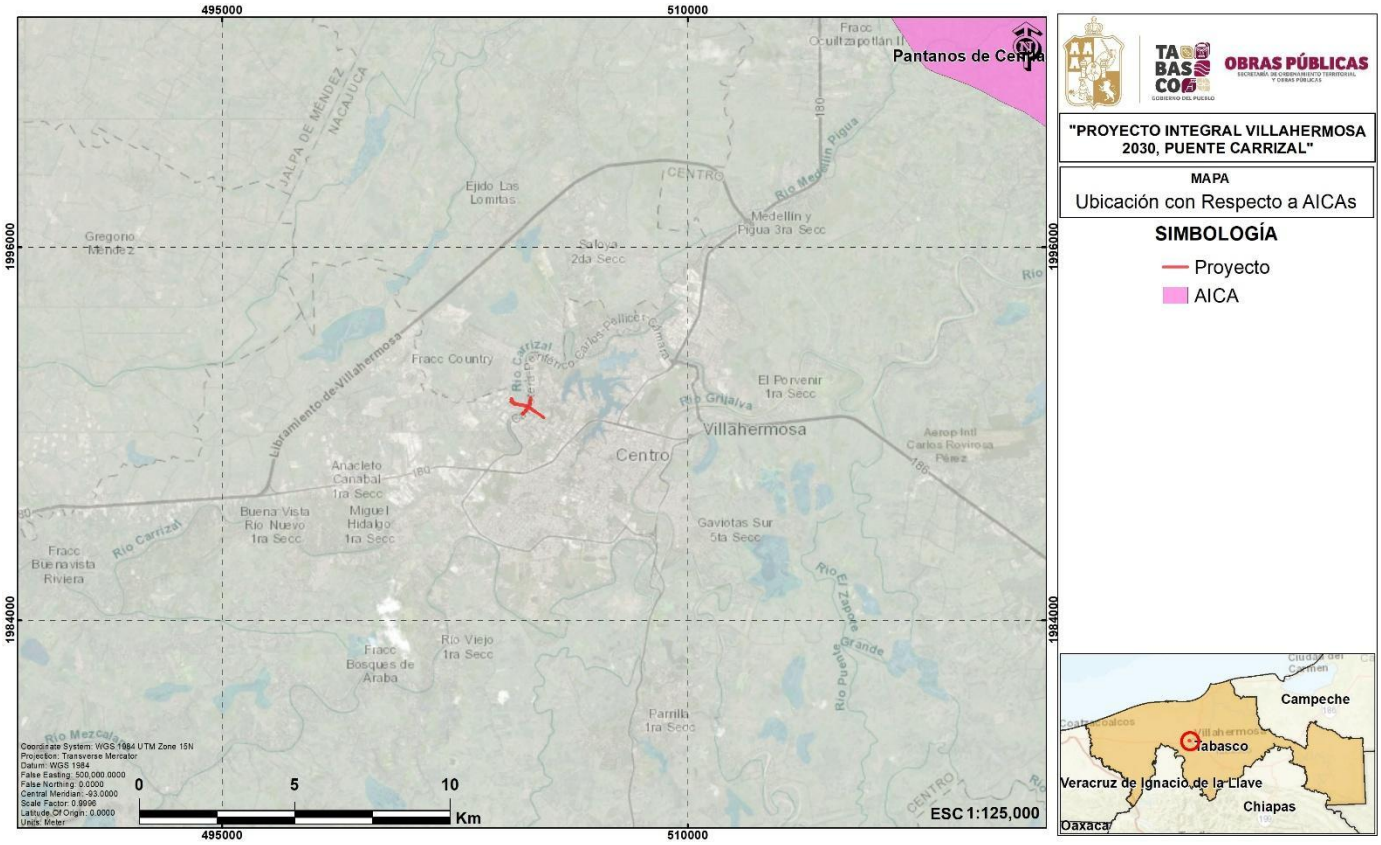


Figura 6. Ubicación del "Proyecto Integral Villahermosa 2030, Puente Carrizal" respecto de las Áreas de Importancia para la Conservación de las Aves.

En consecuencia, no se identifica una incidencia territorial directa del proyecto sobre alguna AICA. No obstante, debido a la presencia potencial de avifauna asociada al río Carrizal, la vegetación ribereña, los cuerpos de agua y las áreas verdes del entorno, durante la preparación del sitio y construcción se implementarán las siguientes medidas:

- Se realizará la revisión previa de la vegetación susceptible de intervención para identificar nidos, refugios o sitios de descanso.
- Se protegerán los nidos activos que, en su caso, sean identificados, evitando la intervención de la vegetación hasta que concluya el periodo de anidación.
- Se prohibirá la captura, extracción, persecución, comercialización o daño intencional de ejemplares de aves.
- Se evitarán trabajos innecesarios durante horarios nocturnos y se orientará la iluminación hacia las superficies de obra, reduciendo la dispersión de luz hacia el río y la vegetación.
- Se controlarán el ruido, las emisiones y la generación de partículas durante la construcción.
- Se conservará la vegetación que no interfiera con las obras y se limitarán las actividades a las superficies autorizadas.

- En caso de localizar ejemplares lesionados o imposibilitados para desplazarse, se aplicarán las acciones de rescate y reubicación correspondientes.
- Se evitará la disposición de residuos, materiales o sustancias contaminantes en el cauce y las riberas del río Carrizal.

Por lo anterior, se determina que el proyecto es compatible con la conservación del AICA Pantanos de Centla, debido a que se desarrollará fuera de su polígono y aplicará medidas para prevenir afectaciones indirectas sobre la avifauna y los hábitats acuáticos y ribereños del área de estudio.

2.5.3. Regiones Terrestres Prioritarias

Las Regiones Terrestres Prioritarias (RTP) constituyen áreas identificadas por su relevancia para la conservación de los ecosistemas terrestres, la biodiversidad y la integridad ecológica. Esta regionalización funciona como un referente técnico para la planeación ambiental y no equivale, por sí misma, a una declaratoria de Área Natural Protegida.

De acuerdo con la sobreposición cartográfica realizada, las obras y superficies del “Proyecto Integral Villahermosa 2030, Puente Carrizal” no se localizan dentro de alguna Región Terrestre Prioritaria.

La RTP identificada en el ámbito regional corresponde a “El Manzanillal”, cuyo polígono se localiza al sur del proyecto, sin presentar coincidencia espacial con las cimentaciones, pilas, estribos, superestructura, accesos, obras hidráulicas, instalaciones auxiliares o superficies de ocupación temporal y permanente comprendidas en la presente Manifestación de Impacto Ambiental, Modalidad Regional.

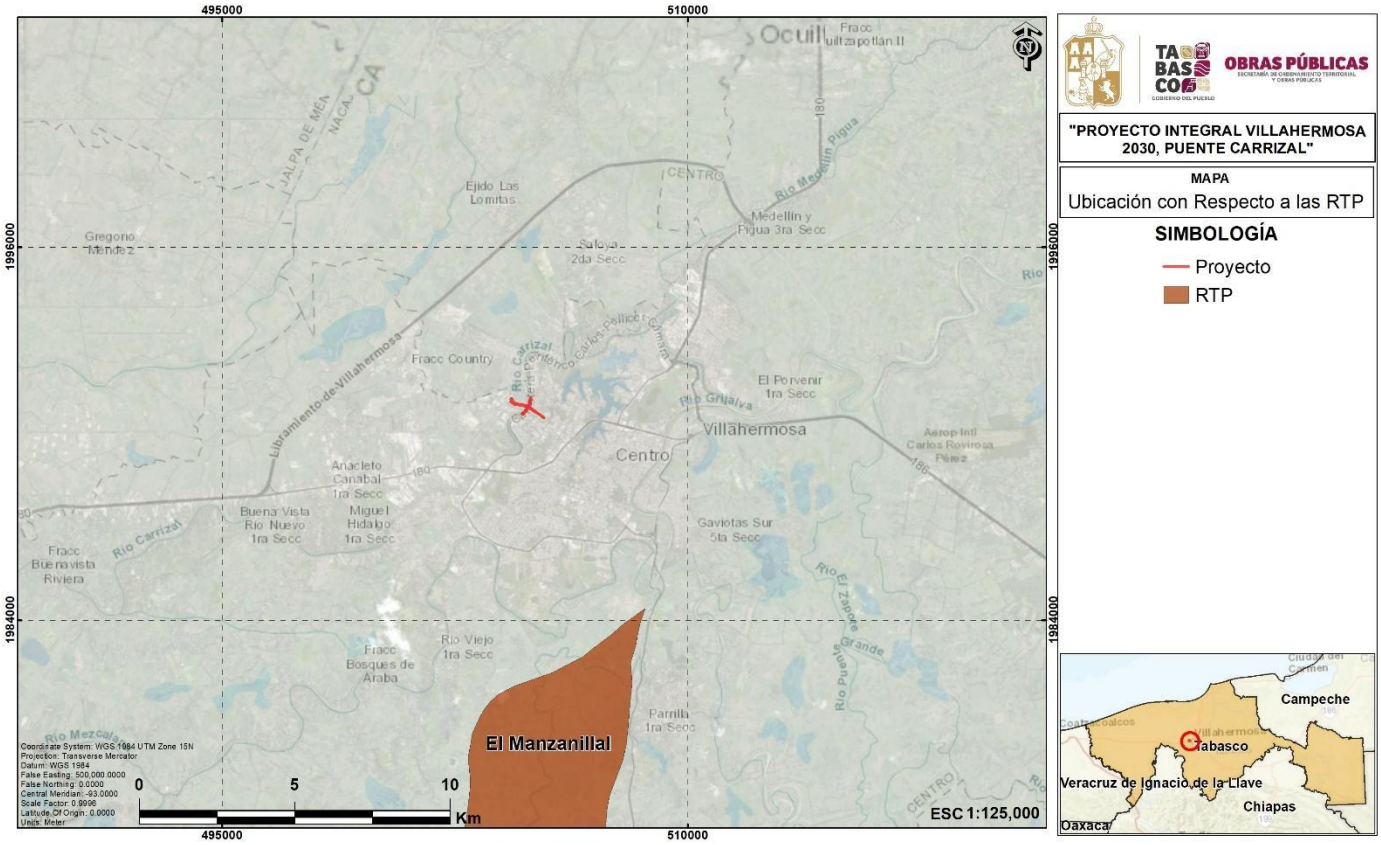


Figura 7. Ubicación del "Proyecto Integral Villahermosa 2030, Puente Carrizal" respecto de las Regiones Terrestres Prioritarias.

Por lo anterior, no se identifica una incidencia territorial directa entre el proyecto y la RTP "El Manzanillal", por lo que no se derivan condicionantes específicas asociadas con esta categoría de regionalización para la conservación.

No obstante, durante la preparación del sitio y construcción se limitarán las actividades a las superficies autorizadas, se protegerá la vegetación y fauna presente, se controlará la erosión y el transporte de sedimentos y se evitará la disposición de residuos o sustancias contaminantes en el río Carrizal y sus riberas. Estas medidas contribuirán a prevenir afectaciones indirectas sobre los componentes ambientales y la conectividad ecológica del ámbito regional.

2.5.4. Regiones Hidrológicas Prioritarias

Las Regiones Hidrológicas Prioritarias (RHP) constituyen áreas identificadas por su relevancia para la conservación de los recursos hídricos y de la biodiversidad asociada con los ecosistemas acuáticos continentales. Esta regionalización representa un referente técnico para la planeación y evaluación ambiental, pero no equivale por sí misma a una declaratoria de Área Natural Protegida.

De acuerdo con la sobreposición cartográfica realizada, las obras y superficies del "Proyecto Integral Villahermosa 2030, Puente Carrizal" no se localizan dentro de alguna Región Hidrológica Prioritaria.
En el ámbito regional se identifican las RHP "Laguna de Términos–Pantanos de Centla" y "Río Tulijá–Altos de Chiapas", cuyos polígonos se localizan al este y sureste del proyecto. Ninguna de estas regiones presenta coincidencia espacial con las cimentaciones, pilas, estribos, superestructura, accesos, obras hidráulicas, instalaciones auxiliares o superficies de ocupación temporal y permanente comprendidas en la presente Manifestación de Impacto Ambiental, Modalidad Regional.

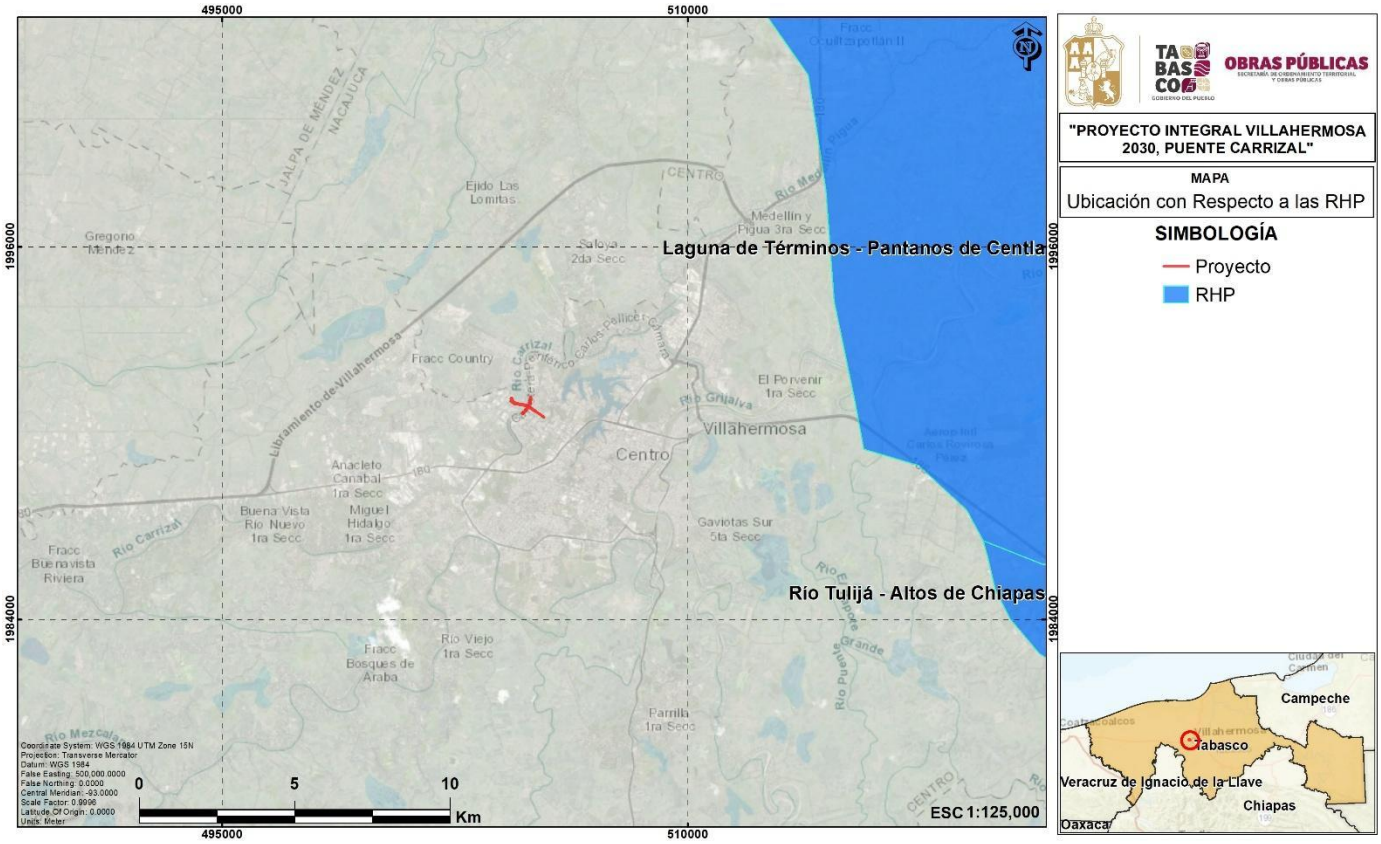


Figura 8. Ubicación del "Proyecto Integral Villahermosa 2030, Puente Carrizal" respecto de las Regiones Hidrológicas Prioritarias.

Por lo anterior, no se identifica una incidencia territorial directa del proyecto sobre las RHP "Laguna de Términos–Pantanos de Centla" y "Río Tulijá–Altos de Chiapas", por lo que no se derivan condicionantes específicas asociadas con esta categoría de regionalización para la conservación.
No obstante, el proyecto cruza el río Carrizal e incluye obras que interactúan directamente con su cauce, riberas y zona federal. En consecuencia, durante la preparación del sitio y construcción se aplicarán medidas orientadas a conservar la calidad del agua, la continuidad hidráulica y la funcionalidad ambiental del sistema fluvial, entre ellas:

- Se mantendrá la capacidad hidráulica del río Carrizal y se evitarán obstrucciones o represamientos.

- Las cimentaciones, pilas y protecciones se ejecutarán conforme a los estudios hidrológicos, hidráulicos y de socavación.
- Se controlará la erosión y el transporte de sedimentos hacia el cauce.
- Se prohibirá el depósito de residuos, materiales de excavación, concreto, combustibles, aceites o sustancias contaminantes en el río y sus riberas.
- Los combustibles y sustancias se almacenarán en áreas acondicionadas, con sistemas de contención.
- Se contará con materiales y procedimientos para atender inmediatamente cualquier derrame.
- Las aguas residuales sanitarias serán manejadas mediante sanitarios portátiles y retiradas por prestadores de servicios autorizados.
- Las áreas ocupadas temporalmente serán limpiadas y restauradas al concluir las obras.
- Se tramitarán las autorizaciones correspondientes para la ocupación y ejecución de obras en el cauce, las riberas y la zona federal.

En consecuencia, la ubicación del proyecto fuera de las Regiones Hidrológicas Prioritarias identificadas no representa una incompatibilidad territorial. Asimismo, las medidas de prevención, mitigación y control permitirán reducir los impactos sobre el río Carrizal y evitar afectaciones indirectas a los recursos hídricos del ámbito regional.

2.5.5. Regiones Marinas Prioritarias

Las Regiones Marinas Prioritarias (RMP) corresponden a áreas identificadas por su importancia ecológica, debido a la presencia de ecosistemas marinos y costeros relevantes, así como a su valor para la conservación de la biodiversidad y el mantenimiento de los procesos ecológicos asociados a estos ambientes.

En el ámbito regional del Proyecto Integral Villahermosa 2030, Puente Carrizal, se identifica la Región Marina Prioritaria “Pantanos de Centla-Laguna de Términos”, cuyo polígono se representa en color morado en la cartografía de referencia.

Como se observa en el mapa, el sitio de ubicación del proyecto, representado mediante una línea de color rojo, se localiza fuera del polígono de la Región Marina Prioritaria Pantanos de Centla-Laguna de Términos.

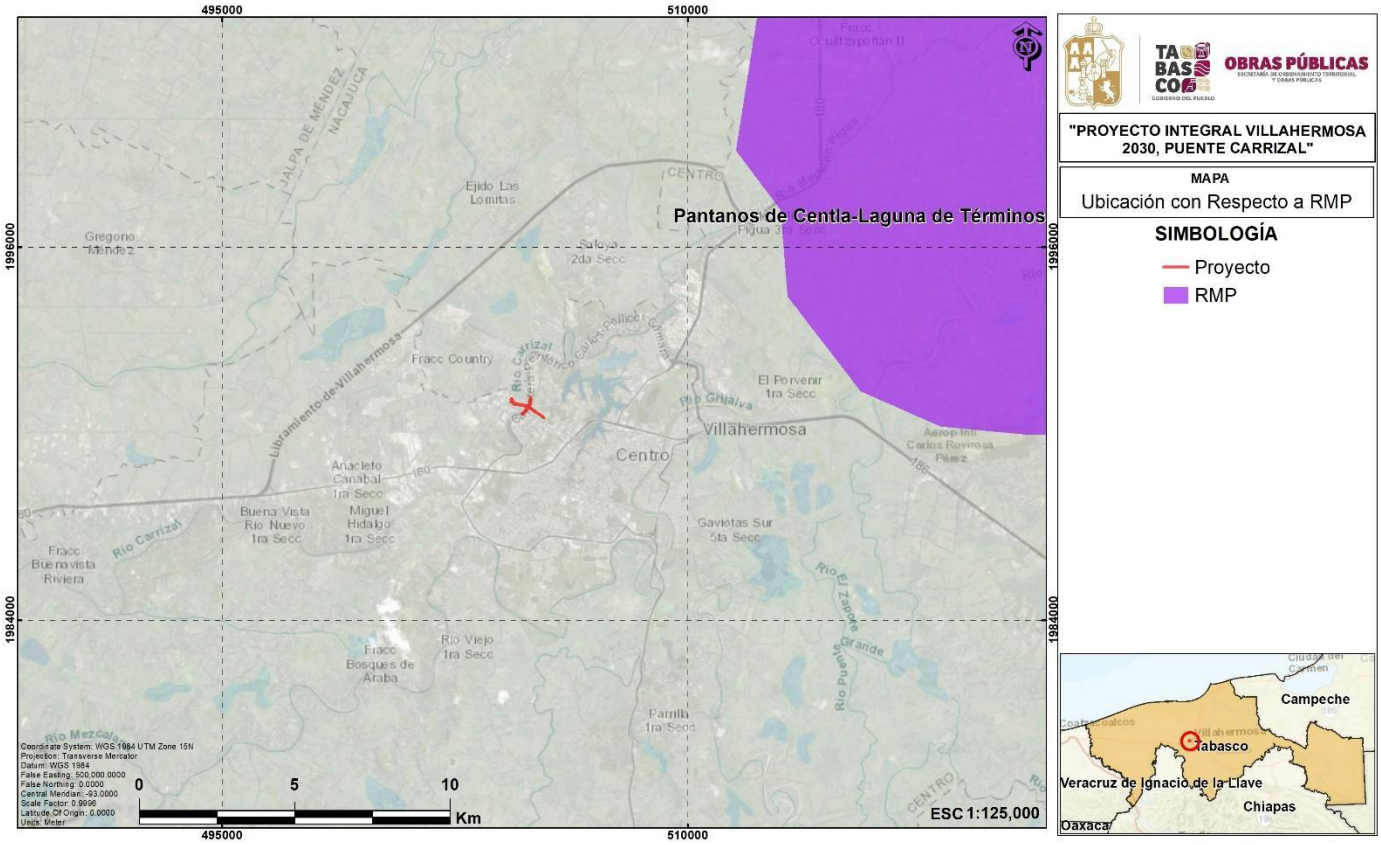


Figura 9. Ubicación del proyecto respecto de las Regiones Marinas Prioritarias

En consecuencia, no se identifica una incidencia territorial directa del proyecto sobre el polígono de la Región Marina Prioritaria Pantanos de Centla-Laguna de Términos, de acuerdo con la cartografía analizada. No obstante, se reconoce la importancia de prevenir posibles efectos indirectos sobre los sistemas acuáticos regionales mediante la aplicación de las medidas ambientales correspondientes a las características y actividades del proyecto.

2.5.6. Sitios Ramsar

Los Sitios Ramsar corresponden a humedales reconocidos internacionalmente por su importancia ecológica, debido a la biodiversidad que albergan y a los servicios ambientales que proporcionan.

De acuerdo con la cartografía revisada, en el ámbito regional del Proyecto Integral Villahermosa 2030, Puente Carrizal, se identifica el Sitio Ramsar “Pantanos de Centla (Tabasco)”**.** Como se observa en el mapa, el polígono del sitio se localiza al noreste del área de estudio, sin presentar sobreposición con las obras del proyecto.

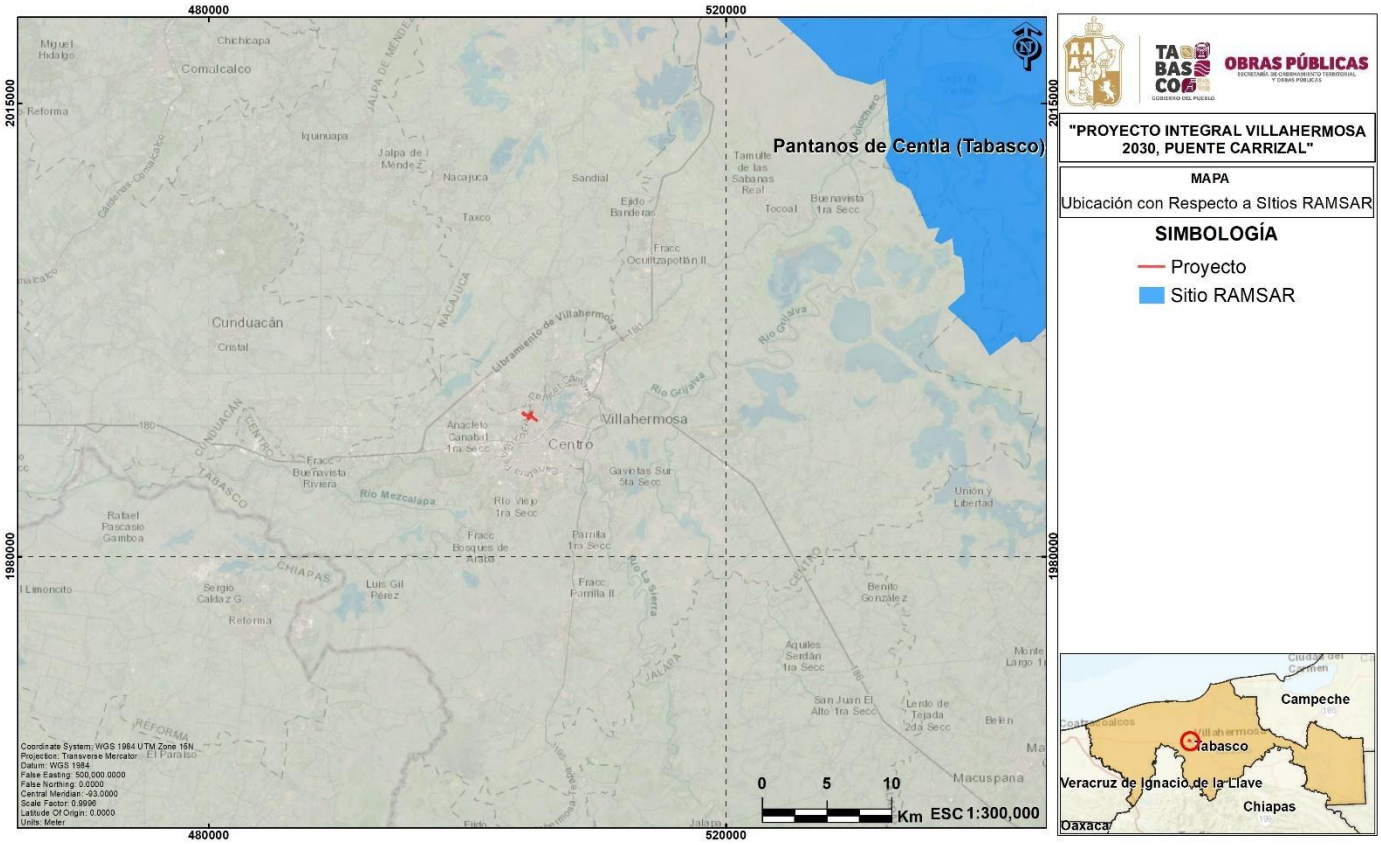


Figura 10. Ubicación del proyecto respecto de Sitios Ramsar

En consecuencia, no se identifica una incidencia territorial directa sobre el Sitio Ramsar Pantanos de Centla. No obstante, considerando la proximidad del proyecto al río Carrizal y la conectividad hidrológica regional, se deberán implementar medidas de prevención y control de residuos, sedimentos, escurrimientos y sustancias contaminantes, con el fin de evitar posibles afectaciones indirectas a los sistemas acuáticos relacionados.

2.5.7. Unidades de Manejo para la Conservación de la Vida Silvestre

Las Unidades de Manejo para la Conservación de la Vida Silvestre (UMA) corresponden a predios e instalaciones registrados para desarrollar actividades de conservación y, en su caso, aprovechamiento sustentable de ejemplares y poblaciones de vida silvestre, conforme a un plan de manejo autorizado.

De acuerdo con la cartografía revisada, se identifican diversas UMA en el ámbito regional del Proyecto Integral Villahermosa 2030, Puente Carrizal, entre ellas El Oasis, El Sacrificio, Lote 28 Monte Calvario y San José de Morelia. Como se observa en el mapa, ninguna presenta sobreposición con las superficies correspondientes a las obras del proyecto.

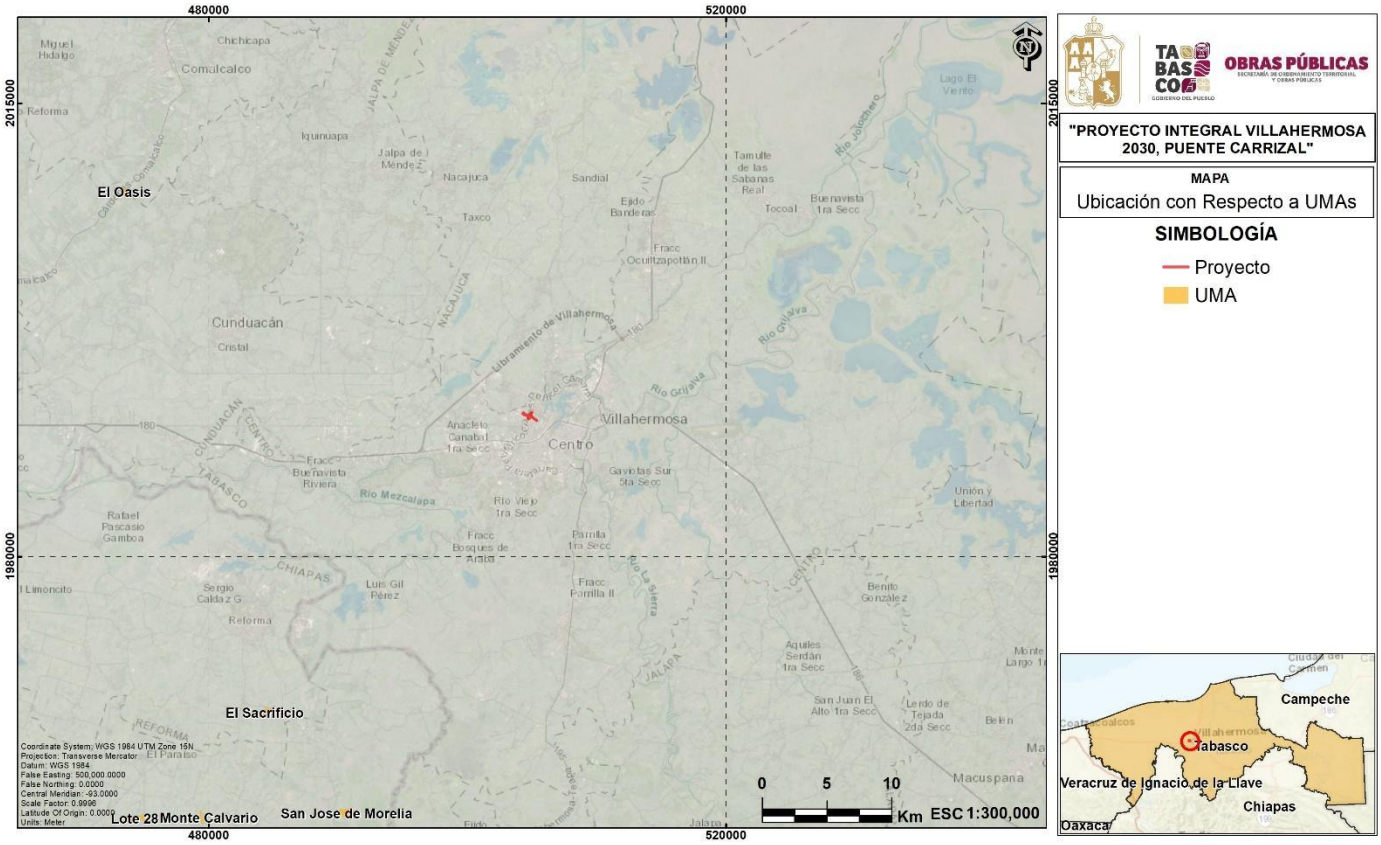


Figura 11. Ubicación del proyecto respecto de las Unidades de Manejo para la Conservación de la Vida Silvestre

En consecuencia, no se identifica una incidencia territorial directa sobre predios registrados como UMA. No obstante, durante la ejecución de las obras se deberán implementar medidas de protección de la fauna silvestre, evitando su captura, persecución o daño, y aplicando, cuando corresponda, acciones de rescate y reubicación de ejemplares conforme a la normativa ambiental aplicable.

Vinculación con el proyecto: Del análisis cartográfico de las distintas categorías de protección y regiones de importancia para la conservación se determina que el "Proyecto Integral Villahermosa 2030, Puente Carrizal" no presenta sobreposición con las Áreas Naturales Protegidas (ANP) de competencia federal, estatal y municipal; Áreas Destinadas Voluntariamente a la Conservación (ADVC); Áreas de Importancia para la Conservación de las Aves (AICA); Regiones Terrestres Prioritarias (RTP); Regiones Hidrológicas Prioritarias (RHP); Regiones Marinas Prioritarias (RMP); Sitios Ramsar ni Unidades de Manejo para la Conservación de la Vida Silvestre (UMA) identificadas en el ámbito regional.

Las categorías de conservación identificadas se localizan fuera de las superficies de ocupación del proyecto. Entre ellas destacan las áreas y regiones asociadas con Pantanos de Centla, así como las UMA El Oasis, El Sacrificio, Lote 28 Monte Calvario y San José de Morelia. En consecuencia, no se identifica una incidencia territorial directa sobre los polígonos de conservación analizados ni restricciones específicas derivadas de su sobreposición con las obras del puente y sus componentes asociados.

No obstante, el proyecto contempla la construcción de infraestructura sobre el río Carrizal, incluyendo cimentaciones, pilas, estribos, obras hidráulicas y de protección, por lo que su ejecución requiere medidas dirigidas a prevenir afectaciones sobre la calidad del agua, la continuidad hidráulica, la vegetación ribereña y la fauna asociada. Para ello, se implementarán acciones de delimitación de frentes de trabajo, control de sedimentos y escurrimientos, manejo adecuado de residuos y sustancias contaminantes, prevención de derrames, protección de la fauna silvestre y restauración de las áreas ocupadas temporalmente.

Asimismo, se deberán observar las disposiciones aplicables a la ocupación y ejecución de obras en el cauce, las riberas y la zona federal del río Carrizal, así como obtener las autorizaciones ambientales, hidráulicas y territoriales correspondientes. Las medidas de prevención, mitigación y vigilancia ambiental se orientarán a evitar afectaciones directas e indirectas sobre los componentes ambientales y los sistemas acuáticos vinculados con el ámbito regional.

En consecuencia, no se identifican incompatibilidades territoriales derivadas de la sobreposición del proyecto con las categorías de conservación analizadas. La ausencia de coincidencia espacial no exime del cumplimiento de las disposiciones ambientales aplicables ni de la implementación de medidas de protección y control durante las etapas de preparación del sitio y construcción, particularmente por la interacción directa de las obras con el río Carrizal.

2.6. Normas Oficiales Mexicanas

La presente vinculación jurídica corresponde a las obras y actividades que integran el “Proyecto Integral Villahermosa 2030, Puente Carrizal”, comprendidas en la Manifestación de Impacto Ambiental, Modalidad Regional, que se somete al Procedimiento de Evaluación del Impacto Ambiental ante la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT).

Para efectos de la presente evaluación, se consideran las obras y actividades descritas en la memoria técnica del proyecto, incluyendo la construcción del puente, cimentaciones, pilas, estribos, superestructura, accesos, obras hidráulicas y de drenaje, protecciones, instalaciones auxiliares y superficies de ocupación permanente y temporal, así como las intervenciones requeridas en el cauce, las riberas y la zona federal del río Carrizal.

n materia de ruido

2.6.1. Norma Oficial Mexicana que establece los límites máximos permisibles de emisión de ruido proveniente del escape de los vehículos automotores, motocicletas y triciclos motorizados en circulación y su método de medición.

- **Objeto:** Establecer los **límites máximos permisibles de emisión de ruido** provenientes del escape de los vehículos automotores, motocicletas y triciclos motorizados en circulación, así como determinar el **método de medición** correspondiente.
- **Campo de Aplicación**: Aplica a todos los vehículos automotores (clasificados por su peso bruto vehicular), motocicletas y triciclos motorizados que transiten por las vías de comunicación terrestre.

Excepciones:

- Tractores de uso agrícola
- Trascabos, aplanadoras y maquinaria pesada para la construcción
- Vehículos que transitan sobre rieles

Tabla 20. Vinculación con la NOM-080-SEMARNAT-1994

Numeral	Vinculación
Numeral 5.9.1. Los límites máximos permisibles de los automóviles, camionetas, camiones y tractocamiones se expresan en dB(A), de acuerdo con su peso bruto vehicular: **Peso Bruto Vehicular (Kg)** / **Límites Máximos Permisibles dB (A)** Hasta 3,000 — 86 Más de 3,000 y hasta 10,000 — 92 Más de 10,000 — 99	Durante la construcción del Puente Carrizal se utilizarán vehículos para el traslado de personal, materiales, residuos e insumos. Las unidades sujetas a esta Norma deberán contar con sistemas de escape y silenciadores en condiciones adecuadas, así como con mantenimiento preventivo y correctivo. Cuando se detecten emisiones sonoras anormales, el vehículo deberá retirarse temporalmente de operación hasta que se realicen las reparaciones correspondientes. En caso de efectuar mediciones, los resultados deberán compararse con los límites máximos permisibles aplicables según el peso bruto vehicular.

2.6.2. Norma Oficial Mexicana NOM-081-SEMARNAT-1994 Que Establece los Límites Máximos Permisibles de Emisión de Ruido de las Fuentes Fijas y su Método de Medición.

- **Objeto:** Esta norma oficial mexicana establece los límites máximos permisibles de emisión de ruido que genera el funcionamiento de las fuentes fijas y el método de medición por el cual se determina su nivel emitido hacia el ambiente.
- **Campo de aplicación:** Esta norma oficial mexicana se aplica en la pequeña, mediana y gran industria, comercios establecidos, servicios públicos o privados y actividades en la vía pública.

Tabla 21. Vinculación con la NOM-081-SEMARNAT-1994

Numeral	Vinculación
Numeral 5.4. Los límites máximos permisibles del nivel sonoro en ponderación "A", emitidos por fuentes fijas, son: **Zona** / **Horario** / **LMP dB (A)** Residencial 1 (exteriores) — 6:00 a 22:00 — 22:00 a 6:00 — 55 — 50 industrias y comercios, — 6:00 a 22:00 — 22:00 a 6:00 — 68 — 65 escuelas en áreas exteriores de juego — Durante el juego — 55 ceremonias, festividades y eventos de entretenimiento — 4 horas — 100	Durante la etapa constructiva podrán instalarse temporalmente generadores, compresores, equipos estacionarios, almacenes y frentes de trabajo que constituyan fuentes fijas de ruido. Se deberá controlar la emisión sonora mediante el mantenimiento de los equipos, la programación de las actividades de mayor intensidad preferentemente en horario diurno y la instalación de barreras temporales cuando existan viviendas, escuelas u otros receptores sensibles cercanos. Cuando resulte necesario, se realizarán mediciones en la periferia de los frentes de obra conforme al método establecido en esta

Numeral	Vinculación
	Norma y los resultados se compararán con los límites aplicables al horario y uso de suelo correspondiente.

2.6.3. Norma Oficial Mexicana NOM-011-STPS-2001, Condiciones de seguridad e higiene en los centros de trabajo donde se genere ruido.

- **Objetivo:** Establecer las condiciones de seguridad e higiene en los centros de trabajo donde se genere ruido que, por sus características, niveles y tiempo de acción, sea capaz de alterar la salud de los trabajadores; los niveles máximos y los tiempos máximos permisibles de exposición por jornada de trabajo, su correlación y la implementación de un programa de conservación de la audición.
- **Campo de aplicación:** Esta Norma rige en todo el territorio nacional y aplica en todos los centros de trabajo en los que exista exposición del trabajador a ruido.

Tabla 22. Vinculación con la NOM-011-STPS-2001

Numeral	Vinculación
Numeral 5.2. Contar con el reconocimiento y evaluación de todas las áreas del centro de trabajo donde haya trabajadores y cuyo Nivel Sonoro A sea igual o superior a 80 dB(A), incluyendo sus características y componentes de frecuencia, conforme a los apéndices B y C.	Durante la construcción se identificarán las áreas donde el personal pueda estar expuesto al ruido generado por maquinaria, compactadores, equipos de corte, vehículos y herramientas. En aquellos sitios donde el nivel sonoro sea igual o superior a 80 dB(A), se realizará la evaluación correspondiente para determinar las medidas de control aplicables.
Numeral 5.3. Verificar que ningún trabajador se exponga a niveles de ruido mayores a los límites máximos permisibles establecidos en el Apéndice A. En ningún caso debe existir exposición sin equipo de protección personal auditiva a más de 105 dB(A).	Se controlarán los tiempos de exposición del personal y se restringirá el acceso a las áreas que presenten niveles elevados de ruido. No se permitirá que los trabajadores permanezcan expuestos a niveles superiores a los permitidos ni a niveles mayores de 105 dB(A) sin protección auditiva.
Numeral 5.4. Proporcionar equipo de protección personal auditiva a todos los trabajadores expuestos a niveles sonoros iguales o superiores a 85 dB(A).	El personal expuesto a niveles iguales o superiores a 85 dB(A) deberá utilizar protección auditiva seleccionada conforme al riesgo, como tapones u orejeras. El equipo deberá entregarse sin costo, mantenerse en condiciones adecuadas y sustituirse cuando pierda su capacidad de protección.
Numeral 5.5. El programa de conservación de la audición aplica en las áreas del centro de trabajo donde se encuentren trabajadores expuestos a niveles de 85 dB(A) o mayores.	Cuando las evaluaciones identifiquen niveles iguales o superiores a 85 dB(A), deberá implementarse un programa de conservación de la audición aplicable al personal expuesto.
Numeral 5.6. Implantar, conservar y mantener actualizado el programa de conservación de la audición necesario para el control y prevención de alteraciones en la salud de los trabajadores.	El programa deberá incluir la identificación de áreas ruidosas, controles técnicos y administrativos, capacitación, uso de protección auditiva, vigilancia de la salud y actualización de los registros de exposición.
Numeral 5.7. Vigilar la salud de los trabajadores expuestos a ruido e informar a cada trabajador sus resultados.	Se deberá llevar a cabo la vigilancia de la salud auditiva del personal expuesto y comunicar individualmente los resultados de las evaluaciones médicas practicadas.

<table>
<tr><th>Numeral</th><th>Vinculación</th></tr>
<tr><td>Numeral 7.1. Los límites máximos permisibles de exposición a ruido son:

<table><tr><th>NER</th><th>TMPE</th></tr><tr><td>90 dB(A)</td><td>8 horas</td></tr><tr><td>93 dB(A)</td><td>4 horas</td></tr><tr><td>96 dB(A)</td><td>2 horas</td></tr><tr><td>99 dB(A)</td><td>1 hora</td></tr><tr><td>102 dB(A)</td><td>30 minutos</td></tr><tr><td>105 dB(A)</td><td>15 minutos</td></tr></table></td><td>La programación de las actividades constructivas deberá ajustarse a los niveles y tiempos máximos de exposición. Cuando se superen dichos valores, deberán aplicarse medidas de reducción del ruido, rotación de personal, restricción de acceso y uso obligatorio de protección auditiva.</td></tr>
</table>

En materia de emisiones a la atmósfera

2.6.4. Norma Oficial Mexicana NOM-041-SEMARNAT-2015, Que establece los límites máximos permisibles de emisión de gases contaminantes provenientes del escape de los vehículos automotores en circulación que usan gasolina como combustible.

- **Objeto y campo de aplicación:** Esta Norma Oficial Mexicana establece los límites máximos permisibles de emisión de hidrocarburos, monóxido de carbono, oxígeno y óxido de nitrógeno; así como el nivel mínimo y máximo de la suma de monóxido y bióxido de carbono y el Factor Lambda. Es de observancia obligatoria para el propietario, o legal poseedor de los vehículos automotores que circulan en el país o sean importados definitivamente al mismo, que usan gasolina como combustible, así como para los responsables de los Centros de Verificación, y en su caso Unidades de Verificación Vehicular, a excepción de vehículos con peso bruto vehicular menor de 400 kg (kilogramos), motocicletas, tractores agrícolas, maquinaria dedicada a las industrias de la construcción y de la minería.

Tabla 23. Vinculación con la NOM-041-SEMARNAT-2015

<table>
<tr><th>Numeral</th><th>Vinculación</th></tr>
<tr><td>Numeral 4.2.1. Los límites máximos permisibles de emisiones provenientes de vehículos en circulación que usan gasolina, conforme al método de prueba dinámica, son:
<table>
<tr><th rowspan="2" colspan="2">Concepto</th><th colspan="2">Año modelo vehicular</th></tr>
<tr><th>1990 y anteriores</th><th>1991 y posteriores</th></tr>
<tr><td colspan="2">Hidrocarburos (HC hppm)</td><td>350</td><td>100</td></tr>
<tr><td colspan="2">Monóxido de Carbono (CO % vol.)</td><td>2.5</td><td>1.0</td></tr>
<tr><td colspan="2">Oxígeno (O2 % vol.)</td><td>2.0</td><td>2.0</td></tr>
<tr><td colspan="2">Óxidos de nitrógeno (NOX ppm)</td><td>2500</td><td>1500</td></tr>
<tr><td rowspan="2">Dilución (CO+CO_2 % vol.)</td><td>Mín.</td><td>13</td><td>13</td></tr>
<tr><td>Máx.</td><td>16.5</td><td>16.5</td></tr>
<tr><td colspan="2">Factor lamba Máx.</td><td>1.05</td><td>1.05</td></tr>
</table></td><td rowspan="2">La empresa constructora deberá integrar un inventario de los automóviles, camionetas y demás vehículos a gasolina empleados en el proyecto. Las unidades sujetas a verificación deberán contar con la documentación vigente y recibir mantenimiento preventivo y correctivo. Cuando una unidad presente emisiones visibles, fallas en el sistema de combustión o resultados superiores a los límites permitidos, deberá retirarse temporalmente de operación hasta su reparación.</td></tr>
<tr><td>Numeral 4.2.2. Los límites máximos permisibles conforme al método de prueba estática son: vehículos modelo 1993, 1994 y anteriores
<table>
<tr><th rowspan="2" colspan="2">Concepto</th><th colspan="2">Año modelo vehicular</th></tr>
<tr><th>1993 y anteriores</th><th>1994 y posteriores</th></tr>
<tr><td colspan="2">Hidrocarburos (HC hppm)</td><td>400</td><td>100</td></tr>
<tr><td colspan="2">Monóxido de Carbono (CO % vol.)</td><td>3.0</td><td>1.0</td></tr>
<tr><td colspan="2">Oxígeno (O2 % vol.)</td><td>2.0</td><td>2.0</td></tr>
<tr><td rowspan="2">Dilución (CO+CO_2 % vol.)</td><td>Mín.</td><td>13</td><td>13</td></tr>
<tr><td>Máx.</td><td>16.5</td><td>16.5</td></tr>
<tr><td colspan="2">Factor lamba Máx.</td><td>1.05</td><td>1.05</td></tr>
</table></td></tr>
</table>

2.6.5. Norma Oficial Mexicana NOM-045-SEMARNAT-2017, Protección ambiental. - Vehículos en circulación que usan diésel como combustible. - Límites máximos permisibles de opacidad, procedimiento de prueba y características técnicas del equipo de medición.

- **Objetivo y campo de aplicación:** La presente Norma Oficial Mexicana establece los límites máximos permisibles de emisión expresados en coeficiente de absorción de luz o por ciento de opacidad, proveniente de las emisiones del escape de los vehículos automotores en circulación que usan diésel como combustible, método de prueba y características técnicas del instrumento de medición. Su cumplimiento es obligatorio para los propietarios o legales poseedores de los citados vehículos, Centros de Verificación Vehicular, Unidades de Verificación y autoridades competentes. Se excluyen de la aplicación de la presente Norma Oficial Mexicana, la maquinaria equipada con motores a diésel empleada en las actividades agrícolas, de la construcción y de la minería.

Tabla 24. Vinculación con la NOM-045-SEMARNAT-2017

Numeral	Vinculación
Numeral 4.1. Los límites máximos permisibles de emisión del humo proveniente del escape de los vehículos automotores en circulación equipados con motor a diésel, en función del año -modelo del vehículo y cuyo peso bruto vehicular sea de hasta 3,856 kg, es el establecido en la siguiente tabla: **Año- modelo del vehículo** / **Coeficiente de absorción de luz (m^{-1})** / **Porciento de opacidad (%)** 2003 y anteriores / 2.00 / 57.68 2004 y posteriores / 1.50 / 47.53	Los vehículos a diésel empleados para el traslado de personal, materiales o insumos deberán cumplir con los límites correspondientes a su año-modelo. La empresa constructora deberá mantener un inventario de las unidades, conservar los comprobantes de verificación aplicables y retirar temporalmente aquellas que presenten emisiones visibles excesivas.
Numeral 4.2 Los límites máximos permisibles de emisión del humo, proveniente del escape de los vehículos automotores en circulación, equipados con motor a diésel, en función del año–modelo del vehículo y con peso bruto vehicular mayor a 3,856 kg, son los establecidos en la siguiente Tabla: **Año- modelo del vehículo** / **Coeficiente de absorción de luz (m^{-1})** / **Porciento de opacidad (%)** 1997 y anteriores / 2.25 / 61.99 1998 y posteriores / 1.50 / 47.53	Los camiones de carga y demás vehículos pesados que circulen por vías públicas deberán mantenerse dentro de los límites de opacidad aplicables. Se revisarán periódicamente los filtros, inyectores y sistemas de combustión y escape. La maquinaria de construcción está excluida del campo de aplicación de la Norma; sin embargo, se le proporcionará mantenimiento preventivo y se evitará su operación innecesaria en vacío.

2.6.6. Norma Oficial Mexicana NOM-025-SSA1-2021, Salud ambiental. Criterio para evaluar la calidad del aire ambiente, con respecto a las partículas suspendidas PM10 y PM2.5. Valores normados para la concentración de partículas suspendidas PM10 y PM2.5 en el aire ambiente, como medida de protección a la salud de la población.

- **Objetivo:** Esta Norma tiene por objeto establecer los valores límites permisibles de concentración de partículas suspendidas PM_{10} y $PM_{2.5}$ en el aire ambiente como medida para la protección a la salud humana; así como los criterios para su evaluación.
- **Campo de aplicación:** Esta Norma es de observancia obligatoria en todo el territorio nacional, para las autoridades federales y locales que tengan a su cargo la vigilancia y evaluación de la calidad del aire, las cuales deberán tomar como referencia los valores límite establecidos en esta Norma, para efectos de proteger la salud de la población.

Tabla 25. Vinculación con la NOM-025-SSA1-2021

Numeral	Vinculación
Numeral 4.1.Cumplimiento gradual de los valores límite para las concentraciones ambientales de las PM10 y PM2.5	Durante la construcción podrán generarse partículas por el movimiento de tierras, despalme, excavaciones, conformación de terraplenes, acarreo y descarga de

<table>
<tr><th>Numeral</th><th>Vinculación</th></tr>
<tr><td>
<table>
<tr><th>Concepto</th><th colspan="4">Elemento</th></tr>
<tr><td>Contaminante</td><td colspan="2">PM_{10} ($\mu g/m^3$)</td><td colspan="2">$PM_{2.5}$ ($\mu g/m^3$)</td></tr>
<tr><td>Concentración</td><td>24 h</td><td>Anual</td><td>24 h</td><td>Anual</td></tr>
<tr><td>Año 1ª</td><td>70</td><td>36</td><td>41</td><td>10</td></tr>
<tr><td>Año 3ª</td><td>60</td><td>28</td><td>33</td><td>10</td></tr>
<tr><td>Año 5ª</td><td>50</td><td>20</td><td>25</td><td>10</td></tr>
</table>
</td><td>materiales y circulación sobre superficies sin pavimentar. Para reducirlas se realizará el riego controlado de las áreas de trabajo, se cubrirán con lona los camiones, se limitará la velocidad de circulación, se protegerán los acopios y se mantendrán limpias las vialidades. La Norma servirá como referencia para evaluar la calidad del aire cuando la autoridad determine la necesidad de realizar mediciones.</td></tr>
<tr><td>Numeral 4.2.1.1. En cada sitio de monitoreo, la concentración promedio de 24 horas de PM_{10} y $PM_{2.5}$ deberá expresarse como número entero. Cuando el decimal se encuentre entre cero y cuatro, el valor no se incrementará; cuando sea mayor, se redondeará al entero inmediato superior.</td><td>En caso de efectuarse monitoreos de partículas, los resultados promedio de 24 horas deberán procesarse y reportarse conforme al criterio de redondeo establecido en la Norma.</td></tr>
<tr><td>Numeral 4.2.1.2. La concentración promedio anual o trimestral de PM_{10} y $PM_{2.5}$ deberá expresarse como número entero, aplicando el mismo criterio de redo($\mu g/m^3$)ndeo.</td><td>Los resultados anuales o trimestrales que, en su caso, se obtengan deberán registrarse conforme a las reglas de redondeo señaladas.</td></tr>
<tr><td>Numeral 4.2.2. Requerimientos de suficiencia de datos.
<table>
<tr><th>Concentración</th><th>Requerimiento</th></tr>
<tr><td>Promedio de 24 horas</td><td>para el monitoreo automático o con métodos equivalentes, el cálculo del promedio aritmético de 24 horas (de la 0 a las 23 horas) requerirá un mínimo del 75% de las concentraciones horarias válidas (18 registros)
Para el muestreo por el método gravimétrico (método de referencia), la medición se realiza en periodos de 24 horas de las 0 a las 23 horas con una frecuencia de cada 6 días y éste se considera como dato diario.
Para asegurar la representatividad de los dato en el año calendario, en necesario contar con al menos tres trimestres validos que cumplan con el número de muestras o registro y el cálculo incluir a todo los registro del año. En caso contrario no podrá evaluarse el cumplimiento de este indicador.</td></tr>
<tr><td>Anual</td><td>Se requiere de un mínimo de datos en un año calendario. Este mínimo se evalúa a partir de la cantidad de muestreos o registros validos en 24 horas, obtén ido en cada uno de los cuatro trimestres del agua. Para cada trimestre se requería un mínimo de 75% de muestras o registros validos
Para asegurar la representatividad de los datos en el año calendario, es necesario contar con al menos tres</td></tr>
</table>
</td><td>Cuando la autoridad solicite un programa de monitoreo, este deberá garantizar la suficiencia, representatividad y calidad de los datos conforme a la frecuencia y porcentajes mínimos señalados en la Norma. Los puntos de medición deberán priorizar las viviendas, escuelas, instalaciones de salud u otros receptores sensibles próximos a los frentes de obra.</td></tr>
</table>

Numeral	Vinculación
trimestres validos que cumplan con el número de muestra o registros y el cálculo incluirá a todo los registros del año. En caso contrario podrá evaluarse le cumplimiento de este indicador.	

2.6.7. Norma Oficial Mexicana NOM-022-SSA1-2019, Salud ambiental. Criterio para evaluar la calidad del aire ambiente, con respecto al dióxido de azufre SO_2. Valores normados para la concentración de dióxido de azufre SO_2 en el aire ambiente, como medida de protección a la salud de la población.

- **Objetivo:** Esta Norma tiene por objeto establecer los valores límites permisibles de concentración de dióxido de azufre en el aire ambiente como medida para la protección a la salud humana; así como los criterios para su evaluación.
- **Campo de aplicación:** Esta Norma es de observancia obligatoria en todo el territorio nacional para las autoridades en sus diferentes órdenes de gobierno que tengan a su cargo la vigilancia y evaluación de la calidad del aire, las cuales deberán tomar como referencia los valores e indicadores establecidos en esta Norma, para efectos de proteger la salud de la población.

Tabla 26. Vinculación con la NOM-022-SSA1-2019

Numeral	Vinculación
Numeral 5.1.1. El valor límite de una hora para dióxido de azufre es de 0.075 ppm, equivalente a 196.5 µg/m³, calculado como el promedio aritmético de tres años consecutivos de los percentiles 99 anuales obtenidos de los máximos diarios.	Durante las etapas del proyecto en las que se utilicen equipos, maquinaria que empleen combustibles fósiles, el Promovente deberá implementar medidas orientadas a prevenir, minimizar y no exceder los límites de 1 hora: 0.075 ppm (196.5 µg/m³) o en su caso el valor límite de: 0.04 ppm (104.8 µg/m³) establecidos en la NOM-022-SSA1-2019. Asimismo, durante la etapa de operación existirán fuentes móviles asociadas a la circulación vehicular. En este contexto, y con la finalidad de prevenir y minimizar las emisiones de dióxido de azufre (SO_2) y mantener condiciones adecuadas de calidad del aire en el entorno del proyecto, se deberán implementar las siguientes acciones: ● Uso de combustibles que cumplan con las especificaciones ambientales vigentes. La maquinaria, vehículos y equipos utilizados durante la construcción deberán emplear combustibles que cumplan con las especificaciones de calidad y contenido de azufre establecidas en la normatividad aplicable. ● Mantenimiento preventivo de maquinaria y vehículos. Implementar un programa de mantenimiento preventivo para la maquinaria,
Numeral 5.1.2. El valor límite de 24 horas es de 0.04 ppm, equivalente a 104.8 µg/m³, calculado como el máximo de tres años consecutivos obtenido de los promedios de 24 horas.	

	vehículos y equipos de combustión interna empleados durante la ejecución de las obras, con la finalidad de mantener condiciones adecuadas de operación y reducir emisiones derivadas de procesos deficientes de combustión. • Control del funcionamiento en ralentí. Evitar mantener encendidos innecesariamente los motores de maquinaria, vehículos y equipos cuando no se encuentren realizando actividades. • Verificación documental. Conservar registros y evidencias de los mantenimientos efectuados y, cuando corresponda, de las características del combustible utilizado, como parte del seguimiento ambiental del proyecto. • Monitoreo de SO_2 en aire ambiente. Previo al inicio de las actividades constructivas, se podrá realizar una campaña de monitoreo que permita establecer las concentraciones de referencia de SO_2 en el área de influencia del proyecto. Los puntos de monitoreo deberán determinarse considerando la ubicación de las obras, condiciones meteorológicas predominantes y presencia de receptores sensibles. • Evaluación de resultados. Los resultados obtenidos deberán analizarse tomando como referencia los valores de concentración de SO_2 en aire ambiente establecidos en la NOM-022-SSA1-2019. En caso de identificarse concentraciones que ameriten atención o incrementos atribuibles a las actividades del proyecto, deberán reforzarse las medidas de control y mantenimiento correspondientes.

2.6.8. Norma Oficial Mexicana NOM-023-SSA1-2021, Salud ambiental. Criterio para evaluar la calidad del aire ambiente, con respecto al dióxido de nitrógeno NO_2. Valores normados para la concentración de dióxido de nitrógeno (NO_2) en el aire ambiente, como medida de protección a la salud de la población.

- **Objetivo:** Esta Norma tiene por objeto establecer los valores límites permisibles de concentración de dióxido de nitrógeno en el aire ambiente como medida para la protección a la salud humana; así como los criterios para su evaluación.
- **Campo de aplicación:** Esta Norma es de observancia obligatoria en todo el territorio nacional, para las autoridades federales y locales que tengan a su cargo la vigilancia y evaluación de la calidad del aire, las cuales deberán tomar como referencia los valores límite establecidos en esta Norma, para efectos de proteger la salud de la población.

Tabla 27. Vinculación con la NOM-023-SSA1-2021

Numeral	Vinculación
Numeral 5.1. Los valores límite **Concepto** / **Elemento**: **De 1 hora** 200 / **Anual** 400 NO_2 (µg/m³) 200 400 NO_2 (ppm) 0.106 0.021 .	Durante las etapas del proyecto en las que se utilicen equipos, maquinaria que empleen combustibles fósiles, el Promovente deberá implementar medidas orientadas a prevenir, minimizar y no exceder los límites de 1 hora: 200 µg/m³ (200 ppm) o en su caso anual: 400 µg/m³ (0.021 ppm), establecidos en la NOM-023-SSA1-2021.. Durante la construcción, los vehículos, camiones y maquinaria con motores de combustión interna podrán generar óxidos de nitrógeno. Para reducir las emisiones se dará mantenimiento periódico a los motores, se revisarán los sistemas de combustión y escape, se evitará la operación prolongada en vacío y se retirarán temporalmente los equipos que presenten fallas. Cuando se efectúen mediciones, los resultados deberán compararse con los valores establecidos en esta Norma.

2.6.9. Norma Oficial Mexicana NOM-020-SSA1-2021, Salud ambiental. Criterio para evaluar la calidad del aire ambiente, con respecto al ozono O_3. Valores normados para la concentración de ozono O_3 en el aire ambiente, como medida de protección a la salud de la población.

- **Objetivo:** Esta Norma tiene por objeto establecer los valores límite de concentración de ozono en el aire ambiente como medida para la protección a la salud humana; así como los criterios para su evaluación.
- **Campo de aplicación:** Esta Norma es de observancia obligatoria en todo el territorio nacional, para las autoridades federales y locales que tengan a su cargo la vigilancia y evaluación de la calidad del aire, las cuales deberán tomar como referencia el valor límite establecido en esta Norma, para efectos de proteger la salud de la población.

Tabla 28. Vinculación con la NOM-020-SSA1-2021

Numeral	Vinculación
Numeral 5.1. Los valores límite graduales para ozono son: **Concepto** / **Elemento**: **1 hora** / **8 horas** Año 1ª: 176 (µg/m³) 127 (µg/m³); 0.090 ppm 0.065 ppm Año 3ª: 176 (µg/m³) 118 (µg/m³); 0.090 ppm 0.065 ppm Año 5ª: 176 (µg/m³) 100 (µg/m³); 0.090 ppm 0.051 ppm	Si bien la generación de ozono no es resultado directo de la quema de combustibles fósiles (Gasolina – Diesel), sin embargo, sí se forma como resultado de la combustión. Cuando se utiliza gasolina o Diesel como fuente de combustible, se liberan contaminantes como: - óxidos de nitrógeno (NOX) - Compuestos orgánicos volátiles (COVs) Estos dos tipos de contaminantes en presencia de luz solar reacciona en la atmosfera y forman ozono troposférico. Bajo esta directriz, durante la etapa constructiva y operativa del proyecto se requerirá utilizar combustibles fósiles como fuente de energía, por lo tanto, contribuirá a la generación ozono troposférico, entre las medidas para reducir la generación de este contaminante, se tiene las siguientes:

Numeral	Vinculación
	- Uso de maquinaria y vehículos bajas emisiones de NOx, en los casos que se aplique. - Realizar mantenimientos periódicos para asegurar la eficiencia de combustión y reducir las emisiones contaminantes. - Minimizar el uso de solventes, punturas o adhesivos con alto contenido de COV´s. - Almacenar combustibles en recipientes cerrados y evitar recargas durante horas de alta radiación solar. - Evitar actividades altamente emisoras (como uso intenso de maquinaria) en horas de alta radiación solar (11:00 a 16:00), donde se favorece la formación de ozono. - Instalar estaciones temporales para medir NOx, COVs y ozono en puntos sensibles durante la construcción. El ozono no será emitido directamente por las obras; sin embargo, puede formarse por reacciones atmosféricas entre óxidos de nitrógeno y compuestos orgánicos volátiles generados por vehículos, maquinaria, combustibles, pinturas y solventes. Para disminuir sus precursores se dará mantenimiento a los motores, se utilizarán productos con bajo contenido de compuestos orgánicos volátiles cuando resulte viable, se mantendrán cerrados los recipientes de combustibles y sustancias químicas y se evitará la operación innecesaria de maquinaria.

2.6.10. Norma Oficial Mexicana NOM-021-SSA1-2021, Salud ambiental. Criterio para evaluar la calidad del aire ambiente, con respecto al monóxido de carbono (CO). Valores normados para la concentración de monóxido de carbono (CO) en el aire ambiente, como medida de protección a la salud de la población.

- **Objetivo:** Esta Norma tiene por objeto establecer los valores límites permisibles de concentración de monóxido de carbono (CO) en el aire ambiente como medida para la protección a la salud humana; así como los criterios para su evaluación.
- **Campo de aplicación:** Esta Norma es de observancia obligatoria en todo el territorio nacional, para las autoridades federales y locales que tengan a su cargo la vigilancia y evaluación de la calidad del aire, las cuales deberán tomar como referencia los valores límite establecidos en esta Norma, para efectos de proteger la salud de la población.

Tabla 29. Vinculación con la NOM-021-SSA1-2021

Numeral	Vinculación
Numeral 5.1. Los valores límite para monóxido de carbono son: **Concepto** | **Elemento**	La combustión de gasolina y diésel en vehículos, camiones y maquinaria podrá generar emisiones de monóxido de carbono.

	1 hora	8 horas
CO (µg/m³)	30,000	26
CO (ppm)	10,000	9

Durante las etapas de preparación del sitio y construcción, el Promovente deberá implementar acciones orientadas a prevenir y reducir las emisiones de monóxido de carbono asociadas a la operación de maquinaria, vehículos y equipos de combustión interna.

Para ello, se propone establecer un programa de mantenimiento preventivo de la maquinaria y equipos utilizados en los diferentes frentes de obra, procurando que los motores se mantengan en condiciones adecuadas de funcionamiento y combustión:

- Realizar servicios mecánicos y afinaciones regulares para evitar combustión incompleta
- Verificar el buen estado de filtros, inyectores y sistemas de escape
- Utilizar diésel ultra bajo en azufre

Durante la etapa operativa se proponen protocolos de inspección periódica de motores y sistemas de combustión en trenes y vehículos de apoyo.

En materia de residuos

2.6.11. Norma Oficial Mexicana NOM-052-SEMARNAT-2005, Que establece las características, el procedimiento de identificación, clasificación y los listados de los residuos peligrosos.

- **Objetivo:** Esta Norma Oficial Mexicana establece el procedimiento para identificar si un residuo es peligroso, el cual incluye los listados de los residuos peligrosos y las características que hacen que se consideren como tales.
- **Campo de aplicación:** Esta Norma Oficial Mexicana es de observancia obligatoria en lo conducente para los responsables de identificar la peligrosidad de un residuo.

Tabla 30. Vinculación con la NOM-052-SEMARNAT-2005

Numeral	Vinculación
Numeral 6.2. Un residuo es peligroso si se encuentra en alguno de los siguientes listados: - **Listado 1**, residuos peligrosos por fuente específica. - **Listado 2**, residuos peligrosos por fuente no específica. - **Listado 3**, productos químicos fuera de especificaciones o caducos considerados tóxicos agudos. - **Listado 4**, productos químicos fuera de especificaciones o caducos considerados tóxicos crónicos. - **Listado 5**, residuos sujetos a condiciones particulares de manejo.	Durante la preparación del sitio y construcción se utilizarán maquinaria, vehículos, equipos, combustibles, lubricantes, pinturas, recubrimientos y otros insumos necesarios para la ejecución de terracerías, pavimentos, drenaje, estructuras, estaciones y demás componentes de la obra. Como resultado de estas actividades podrán generarse residuos tales como aceites lubricantes usados, materiales absorbentes, estopas, trapos, envases o recipientes contaminados con aceites, combustibles, pinturas u otras sustancias químicas, entre otros.

Numeral	Vinculación
Numeral 7.1. Un residuo es peligroso cuando presenta al menos una de las siguientes características, bajo las condiciones señaladas en los numerales 7.2 a 7.7 de esta Norma Oficial Mexicana. - Corrosividad - Reactividad - Explosividad - Toxicidad ambiental - Inflamabilidad O características biológico-infecciosas.	La generación de estos residuos no implica automáticamente que todos sean residuos peligrosos. Su identificación y clasificación deberá efectuarse conforme al procedimiento y criterios establecidos en la NOM-052-SEMARNAT-2005 y demás disposición aplicable. Identificando la fuente especifica de generación, así como clasificar cada uno de los residuos generados ya sea por estado físico o característica CRETIB y cumplir con cada una de las obligaciones de la LGPGIR y su respectivo Reglamento. Durante las diferentes etapas del proyecto se propone lo siguiente: - **Aceites, lubricantes y combustibles**: Evitar cambios de aceite y mantenimiento mayor de maquinaria dentro del frente de obra, cuando sea posible. En caso de generarse residuos peligrosos, deberán depositarse inmediatamente en recipientes compatibles, cerrados e identificados. - **Pinturas, solventes y recubrimientos:** Mantener los productos en recipientes cerrados; evitar vertidos al suelo, drenaje o cuerpos de agua y clasificar los residuos y envases contaminados conforme a la NOM. - **Almacenamiento temporal:** Habilitar un área específica de almacenamiento temporal, con recipientes compatibles e identificados, medidas de contención y protección frente a lluvia y escurrimientos. - **Derrames:** Contar con material absorbente y equipo para atención inmediata de derrames. El material utilizado para contener sustancias peligrosas deberá ser caracterizado y manejado conforme corresponda. - **Disposición:** Entregar los residuos peligrosos a prestadores de servicios autorizados y conservar la documentación que acredite su manejo y destino.

En materia de flora y fauna

2.6.12. 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.

Tabla 31. Vinculación con la NOM-059-SEMARNAT-2010

Numeral	Vinculación
Numeral 5.1. La lista de especies y poblaciones de flora y fauna silvestres en categorías de riesgo se divide en anfibios, aves, hongos, invertebrados, mamíferos, peces, plantas y reptiles. **Numeral 5.2.** La lista de especies en riesgo se publica como Anexo Normativo III de la Norma Oficial Mexicana.	Derivado de las actividades de preparación y construcción, se podrían ocasionar afectaciones sobre ejemplares de flora y fauna silvestres o sus sitios de refugio, alimentación y desplazamiento. Asimismo, considerando que el proyecto se desarrolla en un entorno predominante urbano, pero que dentro del Sistema Ambiental Regional se identifican cuerpos de agua, vegetación de tular, pastizales, y que el proyecto presenta interacción con el sistema hidrológico asociado al Rio Carrizal, resulta necesario antes de iniciar las actividades de limpieza, despalme o manejo de vegetación verificar la presencia de especies incluidas en alguna categoría de riesgo. Los resultados de los levantamientos deberán confrontarse con el Anexo Normativo III vigente, a efecto de identificar, en su caso, especies clasificadas como Probablemente extinta en el medio silvestre (E), En peligro de extinción (P), Amenazada (A) o Sujeta a protección especial (Pr). En caso de registrarse especies incluidas en alguna categoría de riesgo dentro de las superficies susceptibles de intervención, deberán establecerse medidas específicas para evitar o minimizar su afectación, priorizando la protección de los ejemplares y sus hábitats y, cuando técnicamente corresponda, implementando acciones de rescate y reubicación conforme a la legislación ambiental aplicable y las determinaciones de la autoridad competente. Se proponen las siguientes medidas: - **Flora:** delimitar previamente la superficie estrictamente necesaria; identificar y señalizar ejemplares que deban conservarse y, ante especies en riesgo, priorizar su conservación in situ. - **Fauna**: Realizar recorridos de ahuyentamiento y revisión previa de los frentes de obra; implementar rescate y reubicación cuando proceda y evitar captura, caza o aprovechamiento por parte del personal. - **Nidos madrigueras y refugios**: Inspeccionar previamente las superficies a intervenir. Ante la presencia de sitios activos de reproducción o ejemplares en riesgo, establecer una zona de

Numeral	Vinculación
	protección y definir las acciones correspondientes con personal especializado. - **Cuerpos de agua y vegetación asociada:** Evitar la afectación de vegetación fuera de la huella autorizada y mantener, en la medida técnicamente posible, la conectividad entre cuerpos de agua y vegetación asociada. Durante toda la construcción quedará prohibida al personal la captura, caza, colecta, extracción, comercialización o daño intencional de ejemplares de flora y fauna silvestres.

En materia de suelo

2.6.13. Norma Oficial Mexicana NOM-138-SEMARNAT/SSA1-2012, Límites máximos permisibles de hidrocarburos en suelos y lineamientos para el muestreo en la caracterización y especificaciones para la remediación.

- **Objetivo:** Establecer los límites máximos permisibles de los hidrocarburos en suelos, y los lineamientos para el muestreo en la caracterización y especificaciones para la remediación.
- **Campo de aplicación:** Esta Norma Oficial Mexicana es de observancia obligatoria en todo el territorio nacional para quienes resulten responsables de la contaminación en suelos con los hidrocarburos.

Tabla 32. Hidrocarburos que deberán analizarse en función del producto contaminante

Producto contaminante	HIDROCARBUROS				
	Fracción pesada	Fracción Media	HAP	Fracción ligera	BTEX
Mezcla de productos desconocidos derivados del petróleo	X	X	X	X	X
Petróleo crudo	X	X	X	X	X
Combustóleo	X		X		
Parafinas	X		X		
Petrolatos	X		X		
Aceites derivados del petróleo	X		X		
Gasóleo		X	X		
Diésel		X	X		
turbosina		X	X		
Queroseno		X	X		
Creosota		X	X		
Gasavión				X	X
Gasolvente				X	X
Gasolinas				X	X
Gas nafta				X	X

Los límites máximos permisibles de hidrocarburos en suelos se presentan en las siguientes tablas:

Tabla 33. Límites máximos permisibles para fracciones de hidrocarburos en suelo

Fracción de hidrocarburos	Uso de suelo predominante (mg/kg base seca)			Método analítico
	Agrícola, forestal, pecuario y de conservación	Residencial y recreativo	Industrial y comercial	
Ligera	200	200	500	NMX-AA-105-SCFI-2008
Media	1 200	1 200	5 000	NMX-AA-145-SCFI-2008
Pesada	3 000	3 000	6 000	NMX-AA-134-SCFI-2006

Nota 1: Para usos de suelo mixto, deberá aplicarse el límite máximo permisible más estricto, para los usos de suelo involucrados.

Tabla 34. Límites máximos permisibles para hidrocarburos específicos en suelo

Hidrocarburos específicos	Uso de suelo predominante (mg/kg base seca)			Método analítico
	Agrícola, forestal, pecuario y de conservación	Residencial y recreativo	Industrial y comercial	
Benceno	6	6	15	NMX-AA-141-SCFI-2007
Tolueno	40	40	100	NMX-AA-141-SCFI-2007
Etilbenceno	10	10	25	NMX-AA-141-SCFI-2007
Xilenos (suma de isómeros)	40	40	100	NMX-AA-141-SCFI-2007
Benzo[a]pireno	2	2	10	NMX-AA-146-SCFI-2008
Dibenzo[a,h]antraceno	2	2	10	NMX-AA-146-SCFI-2008
Benzo[a]antraceno	2	2	10	NMX-AA-146-SCFI-2008
Benzo[b]fluoranteno	2	2	10	NMX-AA-146-SCFI-2008
Benzo[k]fluoranteno	8	8	80	NMX-AA-146-SCFI-2008
Indeno (1 ,2,3-cd)pireno	2	2	10	NMX-AA-146-SCFI-2008

Nota 2: Para usos de suelo mixto deberá aplicarse el límite máximo permisible más estricto, para los usos de suelo involucrados.

En el caso de fugas o derrames, la caracterización se debe realizar después de haber tomado las medidas de urgente aplicación. Para ayudar la compresión de los numerales establecidos, la NOM-138-SEMARNAT/SSA1-2012, propone un Diagrama General de Muestreo para la Caracterización de un Sitio Contaminado, se puede observar en la **Figura 1**

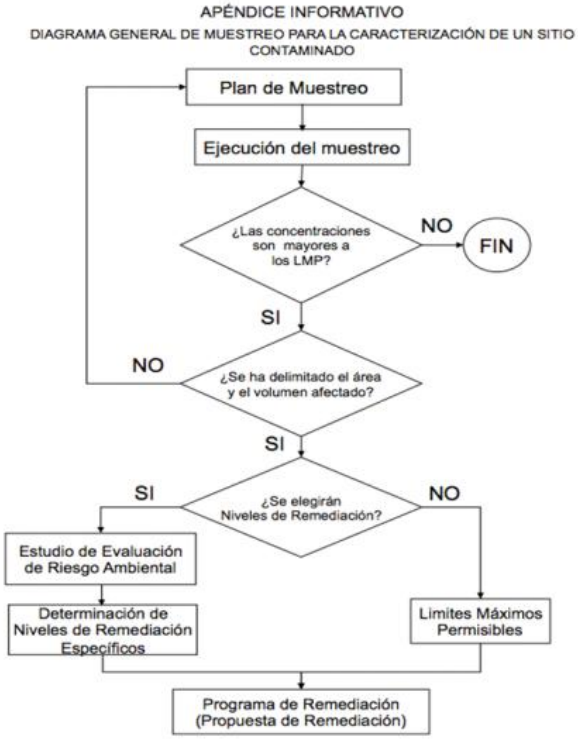


Imagen 1. Diagrama General de Muestreo para la Caracterización de un sitio Contaminado

El plan de muestreo debe ser elaborado por el responsable de la contaminación o por el responsable técnico. La selección de los puntos de muestrear debe considerar las características del sitio; en la siguiente tabla se muestra el número mínimo de puntos de muestreos de acuerdo con el área contaminada.

Tabla 35. Número mínimo de puntos de muestreos de acuerdo con el área contaminada

Área contaminada (ha)	Puntos de muestreo	Área contaminada (ha)	Puntos de muestreo
0.1	4	3.0	27
0.2	8	4.0	30
0.3	12	5.0	33
0.4	14	10.0	38
0.5	15	15.0	40
0.6	16	20.0	45
0.7	17	30.0	50
0.8	18	40.0	53
0.9	19	50.0	55
1.0	20	100.0	60

Área contaminada (ha)	Puntos de muestreo
2.0	25

Área contaminada (ha)	Puntos de muestreo

Cuando se tengan que utilizar frascos, se deberán tomar las muestras de tal manera que el frasco sea llenado al tope o a la capacidad total del recipiente, sin dejar espacio.

Tabla 36. Recipientes para las muestras, temperatura de preservación y tiempo máximo de conservación pro tipo de suelo

Parámetro	Tipo de recipiente	Temperatura de preservación (°C)	Tiempo Máximo de Conservación (Días)
Hidrocarburos Fracción Ligera	Cartucho con contratapa o sello de PTFE, que asegure la integridad de las muestras hasta su análisis	4	14
BTEX		4	14
Hidrocarburos Fracción Media	Frasco de vidrio boca ancha, con contratapa o sello de PTFE, o Cartucho con sello que asegure la integridad de las muestras hasta su análisis	4	14
Hidrocarburos Fracción Pesada		4	14
HAP		4	14

Nota 3:

1. El tiempo máximo de conservación se refiere al lapso que no debe ser excedido desde que se toma la muestra hasta que se realiza la extracción del analito de interés (para el caso de HAP e HFM) o del análisis del mismo (para el caso de HFP, BTEX e HFL).

2. Para el caso de los HAP, las muestras deben protegerse de los efectos de la luz solar mediante algún tipo de envoltura opaca.

3. Cuando la consistencia de la muestra no permita el uso de cartucho, se permitirá el uso de frascos de vidrio de boca ancha, con contratapa o sello de PTFE.

Tabla 37. Vinculación con la NOM-138-SEMARNAT/SSA1-2012

Disposición	Vinculación
Numeral 6 – Límites máximos permisibles .	En caso de que un derrame o fuga haga necesaria la caracterización del suelo, los resultados analíticos obtenidos serán comparados con los límites máximos permisibles establecidos por la Norma, considerando el tipo de hidrocarburo y el uso de suelo correspondiente. Con base en dichos resultados se determinará la necesidad de implementar acciones adicionales de manejo o remediación.
Numeral 7 – Lineamientos para el muestreo en la caracterización.	Cuando exista evidencia o sospecha fundada de contaminación del suelo derivada de un derrame o fuga de hidrocarburos, se realizará la caracterización correspondiente mediante un programa de muestreo que atienda los lineamientos establecidos por la NOM-138-SEMARNAT/SSA1-2012, con objeto de determinar la extensión y concentración de los hidrocarburos presentes.

Disposición	Vinculación
Numeral 8. Especificaciones para la remediación	Cuando los resultados de la caracterización determinen concentraciones de hidrocarburos que hagan necesaria la remediación del sitio, se implementarán las acciones correspondientes atendiendo las especificaciones establecidas en la NOM-138-SEMARNAT/SSA1-2012 y demás disposiciones aplicables, hasta alcanzar las condiciones requeridas para el sitio.

En materia de agua

2.6.14. Norma Oficial Mexicana NOM-001-SEMARNAT-2021, Que establece los límites permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en cuerpos receptores propiedad de la nación.

- **Objetivo y campo de aplicación:** La Norma Oficial Mexicana tiene por objeto establecer los límites permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales, con el fin de proteger, conservar y mejorar la calidad de las aguas y bienes nacionales. Es de observancia obligatoria para los responsables de las descargas de aguas residuales en cualquier tipo de cuerpo receptor propiedad de la Nación. La Norma no aplica a las descargas de aguas provenientes de drenajes destinados exclusivamente para aguas pluviales ni a las descargas que se vierten directamente a sistemas de drenaje y alcantarillado municipales.

Tabla 38. Vinculación con la NOM-001-SEMARNAT-2021

Numeral	Vinculación con el proyecto
1. Objetivo y campo de aplicación La Norma Oficial Mexicana tiene por objeto establecer los límites permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales, con el fin de proteger, conservar y mejorar la calidad de las aguas y bienes nacionales. Es de observancia obligatoria para los responsables de las descargas de aguas residuales en cualquier tipo de cuerpo receptor propiedad de la Nación. La Norma no aplica a las descargas de aguas provenientes de drenajes destinados exclusivamente para aguas pluviales ni a las descargas que se vierten directamente a sistemas de drenaje y alcantarillado municipales.	La norma es obligatoria para los responsables de descargas de aguas residuales en cuerpos receptores propiedad de la nación. El proyecto interactúa con el río Carrizal; sin embargo, no contempla descargar aguas residuales en su cauce, riberas o zona federal. Las aguas sanitarias serán retiradas por prestadores autorizados y las aguas pluviales se mantendrán separadas de residuos, combustibles y sustancias contaminantes.
4.1. (…) Los responsables de la descarga deberán comprobar de manera ordinaria en términos de lo dispuesto en el numeral 6.2, el cumplimiento de los límites permisibles establecidos para Promedio Diario y Promedio Mensual en las Tablas 1 y 2 según corresponda al tipo de cuerpo receptor. El valor instantáneo será verificado ya sea por la Comisión o la Procuraduría.	Las descargas de aguas residuales no deben exceder los límites permisibles establecidos en las tablas 1 y 2 de la norma. Debido a que el proyecto no contempla descargas, estos límites no serán aplicables durante su ejecución. Si posteriormente se requiriera una descarga al río Carrizal, se obtendrá previamente el permiso correspondiente y se cumplirán los límites aplicables a ríos, arroyos, canales y drenes, así como las condiciones particulares que determine la CONAGUA.

Tabla 1. Límites permisibles

Parámetro (mg/L)	Ríos, arroyos, canales, drenes			Suelo Riego de áreas verdes		
	P.M.	P.D.	V.I.	P.M.	P.D.	V.I.
Temperatura (°C)	35	35	35	35	35	35
Grasas y aceites (mg/L)	15	18	21	15	18	21
Sólidos suspendidos totales (mg/L)	60	72	84	20	24	28
Demanda química de oxígeno (mg/L)	150	180	210	60	72	84
Carbono orgánico total (mg/L)	38	45	53	15	18	21
Nitrógeno total (mg/L)	25	30	35	15	25	30
Fósforo total (mg/L)	15	18	21	5	10	15
Huevos de helmintos (huevos/L)	NA	NA	NA	1[1]	1[1]	1[1]
Escherichia coli (NMP/100 mL)	250	500	600	50	100	200
Enterococos fecales (NMP/100 mL)	250	400	500	50	100	200

Tabla 2. Límites permisibles para metales y cianuros

Parámetro (mg/L)	Ríos P.M.	Ríos P.D.	Ríos V.I.	Riego áreas verdes P.M.	Riego áreas verdes P.D.	Riego áreas verdes V.I.
Arsénico	0.2	0.3	0.4	0.2	0.3	0.4
Cadmio	0.2	0.3	0.4	0.05	0.075	0.1
Cianuro	1	2	3	2	2.5	3
Cobre	4	5	6	4	5	6
Cromo	1	1.25	1.5	0.5	0.75	1
Mercurio	0.01	0.015	0.02	0.005	0.008	0.01
Níquel	2	3	4	2	3	4
Plomo	0.2	0.3	0.4	0.5	0.75	1
Zinc	10	15	20	10	15	20

2.6.15. Norma Oficial Mexicana NOM-002-SEMARNAT-1996, Que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales a los sistemas de alcantarillado urbano o municipal.

- **Objetivo y campo de aplicación:** Esta Norma Oficial Mexicana establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales a los sistemas de alcantarillado urbano o municipal con el fin de prevenir y controlar la contaminación de las aguas y bienes nacionales, así como proteger la infraestructura de dichos sistemas, y es de observancia obligatoria para los responsables de dichas descargas. Esta Norma no se aplica a la descarga de las aguas residuales domésticas, pluviales, ni a las generadas por la industria, que sean distintas a las aguas residuales de proceso y conducidas por drenaje separado.

Tabla 39. Vinculación con la NOM-002-SEMARNAT-1996

Numeral	Vinculación
1. Objetivo y campo de aplicación Esta Norma Oficial Mexicana establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales a los sistemas de alcantarillado urbano o municipal con el fin de prevenir y controlar la contaminación de las aguas y bienes nacionales, así como proteger la infraestructura de dichos sistemas, y es de observancia obligatoria para los responsables de dichas descargas. Esta Norma no se aplica a la descarga de las aguas residuales domésticas, pluviales, ni a las generadas por la industria, que sean distintas a las aguas residuales de proceso y conducidas por drenaje separado.	Durante la preparación del sitio y construcción del Proyecto Integral Villahermosa 2030, Puente Carrizal se generarán aguas residuales sanitarias derivadas de la presencia del personal. Para su manejo se instalarán sanitarios portátiles, cuyo mantenimiento, limpieza y retiro estarán a cargo de una empresa autorizada; por tanto, no se realizarán descargas directas al río Carrizal, al suelo, a la zona federal, al drenaje pluvial ni al sistema de alcantarillado urbano o municipal. En consecuencia, la NOM-002-SEMARNAT-1996 no resulta directamente aplicable en las condiciones previstas para el proyecto. En caso de que durante su ejecución se requiera efectuar alguna descarga de aguas residuales no domésticas al alcantarillado urbano o municipal, previamente se obtendrá la autorización correspondiente y se cumplirá con los límites y demás disposiciones establecidas en esta Norma y por la autoridad competente.
4.1 Los límites máximos permisibles para contaminantes de las descargas de aguas residuales a los sistemas de alcantarillado urbano o municipal, no deben ser superiores a los indicados en la Tabla 1. Para las grasas y aceites es el promedio ponderado en función del caudal, resultante de los análisis practicados a cada una de las muestras simples. Tabla 1. Límites máximos permisibles **Parámetros (mg/L)** | **Promedio mensual** | **Promedio diario** | **Instantáneo**	El proyecto no contempla la descarga de aguas residuales de proceso al sistema de alcantarillado urbano o municipal. Las aguas generadas por el lavado de herramientas, maquinaria, equipos, recipientes o superficies que pudieran contener cemento, concreto, grasas, aceites, combustibles, sedimentos u otras sustancias se recolectarán y manejarán de manera independiente, sin descargarlas al alcantarillado, drenaje pluvial, suelo, río Carrizal o zona federal. Si

Numeral					Vinculación
	Grasas y aceites	50	75	100	excepcionalmente se autoriza una descarga no doméstica al alcantarillado municipal, se efectuarán los análisis correspondientes y se acreditará que las concentraciones de grasas y aceites, sólidos sedimentables, arsénico, cadmio, cianuro, cobre, cromo hexavalente, mercurio, níquel, plomo y zinc no excedan los límites máximos permisibles de la Tabla 1.
	Sólidos sedimentables (mL/L)	5	7.5	10	
	Arsénico total	0.5	0.75	1	
	Cadmio total	0.5	0.75	1	
	Cianuro total	1	1.5	2	
	Cobre total	10	15	20	
	Cromo hexavalente	0.5	0.75	1	
	Mercurio total	0.01	0.015	0.02	
	Níquel total	4	6	8	
	Plomo total	1	1.5	2	
	Zinc total	6	9	12	

2.6.16. Norma Oficial Mexicana NOM-127-SSA1-2021, Agua para uso y consumo humano. Límites permisibles de la calidad del agua.

- **Objetivo y campo de aplicación:** Esta Norma establece los límites permisibles de calidad que debe cumplir el agua para uso y consumo humano. Esta Norma es de observancia obligatoria en el territorio nacional para los organismos responsables de los sistemas de abastecimiento de agua públicos y privados. Esta Norma no es aplicable para aguas residuales tratadas.

Tabla 40. Vinculación con la NOM-127-SSA1-2021

Numeral	Vinculación
1. Objetivo y campo de aplicación	
Numeral **1.1.** Esta Norma establece los límites permisibles de calidad que debe cumplir el agua para uso y consumo humano.	Durante la preparación del sitio y construcción del Proyecto Integral Villahermosa 2030, Puente Carrizal se proporcionará agua para beber y para la higiene del personal. El agua destinada al uso y consumo humano deberá cumplir con los límites permisibles de calidad establecidos en la NOM-127-SSA1-2021. No se utilizará agua del río Carrizal, agua residual tratada ni agua destinada a las actividades constructivas para beber, preparar alimentos o realizar actividades de higiene personal.
Numeral **1.2.** Esta Norma es de observancia obligatoria en el territorio nacional para los organismos responsables de los sistemas de abastecimiento de agua públicos y privados	El proyecto no constituye un organismo responsable de un sistema público o privado de abastecimiento de agua; por tanto, este numeral no le resulta directamente aplicable bajo las condiciones previstas. El agua para consumo humano será adquirida a proveedores autorizados, preferentemente mediante garrafones o recipientes cerrados, y se conservará en condiciones higiénicas. Si se instala un sistema temporal de almacenamiento y

<table>
<tr><td></td><td>distribución, se garantizará que éste no altere la calidad del agua suministrada.</td></tr>
<tr><td colspan="2">5. Especificaciones sanitarias</td></tr>
<tr><td>Numeral 5.1. El agua de los sistemas de abastecimiento no deberá tener como fuente agua residual tratada.</td><td>El agua proporcionada a los trabajadores no tendrá como fuente agua residual tratada. El agua potable será suministrada por proveedores autorizados o, cuando exista disponibilidad, mediante la red pública. Cualquier agua residual tratada que eventualmente se emplee para actividades constructivas, como el control de partículas, se mantendrá en un sistema separado, estará claramente identificada y no se utilizará para consumo humano, preparación de alimentos o higiene personal.</td></tr>
<tr><td>Numeral 5.2. Físicas:
Tabla 1. Especificaciones sanitarias físicas
<table>
<tr><th>Parámetro</th><th>Límite permisible</th><th>Unidad</th></tr>
<tr><td>Turbiedad[1]</td><td>4.0</td><td>UNT</td></tr>
<tr><td>pH</td><td>6.5 a 8.5</td><td>Unidades de pH</td></tr>
<tr><td>Color verdadero</td><td>15</td><td>UC</td></tr>
</table>
a El límite permisible para Turbiedad será de 3.0 UNT a partir del segundo año posterior a la entrada en vigor de la presente Norma.</td><td>El agua destinada al uso y consumo humano deberá cumplir con los límites de turbiedad, pH y color verdadero establecidos en la Tabla 1 de la Norma. El proyecto verificará que el agua sea suministrada por una fuente autorizada y que los recipientes, garrafones, dispensadores, tinacos o depósitos temporales permanezcan cerrados, limpios y protegidos de polvo, sustancias químicas, residuos y exposición directa al sol. Cuando se utilicen depósitos recargables, se conservará la documentación que acredite la procedencia y calidad sanitaria del agua.</td></tr>
<tr><td>Numeral 5.3. Químicas:
Tabla 2 - Especificaciones sanitarias químicas
<table>
<tr><th>Parámetro</th><th>Límite permisible</th><th>Unidad</th></tr>
<tr><td>Cianuros totales</td><td>0.07</td><td>mg/L</td></tr>
<tr><td>Dureza total como $CaCO_3$</td><td>500.00</td><td>mg/L</td></tr>
<tr><td>Fluoruros como F^{-1}</td><td>1.50</td><td>mg/L</td></tr>
<tr><td>Nitrógeno amoniacal ($N\text{-}NH_3$)</td><td>0.50</td><td>mg/L</td></tr>
<tr><td>Nitrógeno de nitratos ($N\text{-}NO_3^-$)</td><td>11.00</td><td>mg/L</td></tr>
<tr><td>Nitrógeno de nitritos ($N\text{-}NO_2^-$)</td><td>0.90</td><td>mg/L</td></tr>
<tr><td>Sólidos disueltos totales</td><td>1,000.00</td><td>mg/L</td></tr>
<tr><td>Sulfatos (SO_4^{2-})</td><td>400.00</td><td>mg/L</td></tr>
<tr><td>Sustancias activas al azul de metileno</td><td>0.50</td><td>mg/L</td></tr>
</table>
Tabla 3. Cumplimiento gradual para fluoruro
<table>
<tr><th>Localidad</th><th>Plazo de cumplimiento</th><th>Límite permisible</th><th>Unidad</th></tr>
<tr><td>Mayor de 500,000 habitantes</td><td>Un año posterior a la entrada en vigor de la Norma</td><td>1.0</td><td>mg/L</td></tr>
<tr><td>Entre 50,000 y 499,999 habitantes</td><td>Tres años posteriores a la entrada en vigor de la Norma</td><td>1.0</td><td>mg/L</td></tr>
</table></td><td>El agua para beber, preparar alimentos y realizar actividades de higiene deberá cumplir con los límites permisibles de cianuros, dureza, fluoruros, compuestos nitrogenados, sólidos disueltos, sulfatos y sustancias activas al azul de metileno establecidos en las Tablas 2 y 3. El proyecto no realizará la potabilización de agua ni utilizará agua superficial del río Carrizal para consumo humano. La acreditación de la calidad corresponderá al organismo operador o proveedor autorizado; el proyecto conservará facturas, contratos, certificados o comprobantes del suministro.</td></tr>
</table>

Menor de 50,000 habitantes	Seis años posteriores a la entrada en vigor de la Norma	1.0	mg/L

[a] El límite permisible para fluoruros será de 1.50 mg/L para todas las localidades y se ajustará de conformidad con la tabla de cumplimiento gradual Tabla 3 de este inciso 5.3

Numeral **5.4.** Metales y metaloides:

Tabla 4. Especificaciones sanitarias de metales y metaloides

Parámetro	Límite permisible	Unidad
Aluminio	0.20	mg/L
Arsénico[1]	0.025	mg/L
Bario	1.3	mg/L
Cadmio[2]	0.005	mg/L
Cobre	2.00	mg/L
Cromo total	0.05	mg/L
Hierro	0.30	mg/L
Manganeso	0.15	mg/L
Mercurio	0.006	mg/L
Níquel	0.07	mg/L
Plomo	0.01	mg/L
Selenio	0.04	mg/L

Tabla 5. Cumplimiento gradual para arsénico y cadmio

Localidad	Año de cumplimiento	Límite permisible de arsénico	Límite permisible de cadmio	Unidades
Mayor de 500,000 habitantes	Un año posterior a la entrada en vigor de la Norma	0.01	0.003	mg/L
Entre 50,000 y 499,999 habitantes	Tres años posteriores a la entrada en vigor de la Norma	0.01	0.003	mg/L
Menor de 50,000 habitantes	Seis años posteriores a la entrada en vigor de la Norma	0.01	0.003	mg/L

NOTA 1 Los límites permisibles de metales y metaloides se refieren a su concentración total en el agua, la cual incluye los suspendidos y los disueltos.

a El límite permisible para arsénico será de 0.025 mg/L para todas las localidades y se ajustará de conformidad con la tabla de cumplimiento gradual Tabla 5 de este inciso 5.4.

El agua destinada al personal deberá cumplir con los límites permisibles de aluminio, arsénico, bario, cadmio, cobre, cromo total, hierro, manganeso, mercurio, níquel, plomo y selenio establecidos en las Tablas 4 y 5. No se utilizará para consumo humano agua procedente directamente del río Carrizal, excavaciones, escurrimientos, cárcamos, pozos o fuentes cuya calidad sanitaria no se encuentre acreditada. Los recipientes y depósitos se mantendrán separados de combustibles, aceites, pinturas, aditivos, cemento y demás sustancias utilizadas durante la construcción.

<table>
<tr>
<td>b El límite permisible para cadmio será de 0.005 mg/L para todas las localidades y se ajustará de conformidad con la tabla de cumplimiento gradual Tabla 5 de este inciso 5.4.</td>
<td></td>
</tr>
<tr>
<td>Numeral 5.5. Microbiológicas:
Tabla 6. Especificaciones sanitarias microbiológicas
<table>
<tr><th>Parámetro</th><th>Límite permisible</th><th>Unidades</th></tr>
<tr><td>E. coli o coliformes termotolerantes</td><td><1.1 o no detectable</td><td>NMP/100 mL</td></tr>
<tr><td>E. coli o coliformes termotolerantes</td><td><1</td><td>UFC/100 mL</td></tr>
<tr><td>E. coli o coliformes termotolerantes</td><td>Ausencia</td><td>Ausencia o presencia/100 mL</td></tr>
<tr><td>Giardia lamblia</td><td>Ausencia</td><td>Quistes/20 L</td></tr>
</table>
NOTA 1 El organismo responsable debe seleccionar uno de los dos parámetros para su análisis: E. coli o coliformes termotolerantes (coliformes fecales).
NOTA 2 Las unidades de medida (NMP/100mL; UFC/100mL; Ausencia o Presencia/100mL) corresponden a los tres métodos de prueba aceptados para el cumplimiento de esta Norma.
NOTA 3 Giardia lamblia debe determinarse sólo en caso de que el agua provenga de fuente superficial o que la fuente tenga influencia de agua superficial.</td>
<td>El agua para consumo humano deberá cumplir con los límites establecidos para E. coli, coliformes termotolerantes y, cuando corresponda, Giardia lamblia. Para prevenir su contaminación, el agua se conservará en envases cerrados y se suministrará mediante dispensadores limpios. Se prohibirá introducir utensilios, manos u objetos en los recipientes y se efectuará su limpieza y desinfección periódica. Si se identifica alteración en el olor, color, sabor, envase o condiciones de almacenamiento, el agua será retirada y sustituida.</td>
</tr>
<tr>
<td>5.6 Fitotoxinas:
Tabla 7. Especificaciones sanitarias de fitotoxinas
<table>
<tr><th>Parámetro</th><th>Límite permisible</th><th>Unidades</th></tr>
<tr><td>Microcistina-LR</td><td>1.0</td><td>µg/L</td></tr>
</table>
NOTA 1 La microcistina-LR se debe determinar cuando el agua proviene de una fuente superficial.</td>
<td>Debido a que el proyecto no utilizará agua superficial del río Carrizal como fuente de abastecimiento para uso o consumo humano, no se prevé la necesidad de determinar microcistina-LR. Si excepcionalmente se pretende utilizar una fuente superficial para dicho fin, previamente deberá realizarse su tratamiento y acreditarse el cumplimiento del límite permisible establecido en la Tabla 7, además de obtenerse las autorizaciones sanitarias y administrativas correspondientes.</td>
</tr>
<tr>
<td>5.7 Radiactividad:
Tabla 8. Especificaciones sanitarias de radiactividad
<table>
<tr><th>Parámetro</th><th>Límite permisible</th><th>Unidades</th></tr>
<tr><td>Radiactividad alfa total</td><td>0.5</td><td>Bq/L</td></tr>
<tr><td>Radiactividad beta total</td><td>1.0</td><td>Bq/L</td></tr>
</table></td>
<td>El proyecto no contempla la explotación ni operación de una fuente propia de abastecimiento de agua para consumo humano. En consecuencia, la verificación de los límites de radiactividad alfa y beta total corresponderá al organismo operador o proveedor autorizado. El agua suministrada al personal deberá provenir de una fuente que cumpla con las especificaciones sanitarias establecidas en la Tabla 8 de la Norma.</td>
</tr>
</table>

2.7. Otros instrumentos

Se desarrolla a continuación la vinculación del proyecto con el marco jurídico federal, estatal y municipal aplicable en materia ambiental, de aguas, de asentamientos humanos y de movilidad, verificado en las fuentes oficiales correspondientes.

2.7.1. Constitución Política y Tratados Internacionales donde México se encuentra adscrito

2.7.1.2. Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos

Es la Carta Magna y Norma Fundamental, que establece los principios y objetivos de la Nación; en la que describen los derechos de los ciudadanos, la organización del gobierno y economía de país, publicada en el Diario Oficial de la Federación el 5 de febrero de 1917; su última reforma se llevó a cabo el 17 de marzo de 2025. En la siguiente tabla se muestran los artículos vinculables en materia Ambiental.

Tabla 41. Vinculación con la CPEUM.

Artículo	Vinculación
Artículo 4, Párrafo Sexto, Capítulo I, Título Primero: Toda persona tiene derecho a un medio ambiente sano para su desarrollo y bienestar. El Estado garantizará el respeto a este derecho. El daño y deterioro ambiental generará responsabilidad para quien lo provoque en términos de lo dispuesto por la ley.	El Proyecto Integral Villahermosa 2030, Puente Carrizal se somete al Procedimiento de Evaluación del Impacto Ambiental mediante la presentación de una Manifestación de Impacto Ambiental, modalidad regional. En su diseño, construcción, operación y mantenimiento se incorporarán medidas para prevenir, mitigar, controlar, compensar y, cuando corresponda, restaurar los impactos sobre el río Carrizal, sus riberas, la zona federal, la vegetación, la fauna, el suelo, la calidad del aire, el paisaje y la dinámica hidrológica. La promovente cumplirá con las medidas propuestas, las disposiciones ambientales aplicables y las condicionantes que establezca la SEMARNAT, asumiendo la responsabilidad por los daños ambientales que pudieran derivarse del incumplimiento de dichas obligaciones.
Artículo 25, Párrafo Primero, Capítulo I, Título Primero: Corresponde al Estado la rectoría del desarrollo nacional para garantizar que éste sea integral y sustentable, que fortalezca la Soberanía de la Nación y su régimen democrático y que, mediante la competitividad, el fomento del crecimiento económico y el empleo y una más justa distribución del ingreso y la riqueza, permita el pleno ejercicio de la libertad y la dignidad de los individuos, grupos y clases sociales, cuya seguridad protege esta Constitución. La competitividad se entenderá como el conjunto de condiciones necesarias para generar un mayor crecimiento económico, promoviendo la inversión y la generación de empleo.	El proyecto corresponde a infraestructura pública destinada a mejorar la movilidad, conectividad y seguridad vial de Villahermosa, así como la comunicación entre los sectores ubicados en ambas márgenes del río Carrizal. Su ejecución contribuirá al funcionamiento urbano y a la actividad económica regional, además de generar empleos directos e indirectos. Esta finalidad se desarrollará bajo criterios de sustentabilidad, mediante la incorporación de medidas ambientales, hidráulicas y de gestión del riesgo que permitan compatibilizar los beneficios sociales y económicos con la protección de los recursos naturales.
Artículo 27, Párrafo Primero, Capítulo I, Título Primero: La propiedad de las tierras y aguas comprendidas dentro de los límites del territorio nacional, corresponde originariamente a la Nación, la cual ha tenido y tiene el derecho de transmitir el dominio de ellas a los particulares, constituyendo la propiedad privada.	El proyecto considera la construcción de un puente sobre el río Carrizal, por lo que determinadas obras podrán incidir en el cauce, las riberas y la zona federal, sujetos al régimen de bienes nacionales. Antes de intervenir estas superficies se obtendrán ante la Comisión Nacional del Agua los permisos, autorizaciones, opiniones técnicas y, en su caso, concesiones correspondientes. Asimismo, se acreditará la disponibilidad jurídica de los predios y derechos de vía requeridos para los accesos y componentes terrestres, sin que la autorización

Artículo	Vinculación
	ambiental sustituya los actos administrativos necesarios para ocupar o utilizar bienes nacionales o superficies de propiedad pública, social o privada.

2.7.2. Tratados Internacionales donde México se encuentra adscrito

2.7.2.1. Acuerdo Escazú

El Acuerdo Regional sobre el Acceso a la Información, a la Participación Pública y a la Justicia en Asuntos Ambientales, es adoptado por 24 países en la ciudad costarricense de Escazú el 4 de marzo 2018, es un instrumento vinculante emanado de la Declaración sobre la Aplicación del Principio 10 de la Conferencia de las Naciones Unidas sobre Desarrollo Sostenible (Río+20). Por su parte en México el 5 de noviembre de 2020 fue aprobado por la Cámara de Senadores del Honorable Congreso de la Unión y el instrumento de ratificación fue firmado por el Ejecutivo Federal el 19 de diciembre de 2020. Finalmente, el acuerdo entró en vigor el 22 de abril de 2021.

Tabla 42. Vinculación con el Acuerdo de Escazú.

Artículo	Vinculación
Artículo 4. Disposiciones generales: 1) Cada Parte garantizará el derecho de toda persona a vivir en un medio ambiente sano, así como cualquier otro derecho humano universalmente reconocido que esté relacionado con el presente Acuerdo. 3) Cada Parte adoptará todas las medidas necesarias, de naturaleza legislativa, reglamentaria, administrativa u otra, en el marco de sus disposiciones internas, para garantizar la implementación del presente Acuerdo.	El Proyecto Integral Villahermosa 2030, Puente Carrizal se somete al Procedimiento de Evaluación del Impacto Ambiental mediante una Manifestación de Impacto Ambiental, modalidad regional. El estudio considera las características técnicas y ambientales del puente, sus accesos, cimentaciones, pilas, estribos, superestructura, obras hidráulicas, drenaje y superficies de ocupación temporal y permanente. Asimismo, incorpora los resultados de los estudios topográficos, geotécnicos, hidrológicos, hidráulicos, de socavación, flora, fauna y demás componentes del Sistema Ambiental Regional. La promovente cumplirá con las medidas de prevención, mitigación, compensación, restauración y seguimiento, así como con las condicionantes que establezca la SEMARNAT, contribuyendo a proteger el derecho a un medio ambiente sano.
Artículo 5. Acceso a la información ambiental: 1) Cada Parte deberá garantizar el derecho del público de acceder a la información ambiental que está en su poder, bajo su control o custodia, de acuerdo con el principio de máxima publicidad. 3) Cada Parte facilitará el acceso a la información ambiental de las personas o grupos en situación de vulnerabilidad, estableciendo procedimientos de atención desde la	La Manifestación de Impacto Ambiental, modalidad regional, y la información correspondiente al proyecto serán incorporadas al expediente administrativo y publicadas por la SEMARNAT en los medios oficiales aplicables, incluida la Gaceta Ecológica. Las personas interesadas podrán consultar el expediente y solicitar información conforme a la LGEEPA, su Reglamento en materia de Evaluación del Impacto Ambiental y la

Artículo	Vinculación
formulación de solicitudes hasta la entrega de la información, considerando sus condiciones y especificidades, con la finalidad de fomentar el acceso y la participación en igualdad de condiciones.	legislación de transparencia, con excepción de la información legalmente clasificada como reservada o confidencial. La promovente proporcionará a la autoridad información clara, suficiente y verificable sobre las obras, los impactos ambientales y las medidas propuestas, y atenderá los requerimientos de información adicional que se formulen durante la evaluación.
Artículo 7. Participación pública en los procesos de toma de decisiones ambientales. 1) Cada Parte deberá asegurar el derecho de participación del público y, para ello, se compromete a implementar una participación abierta e inclusiva en los procesos de toma de decisiones ambientales, sobre la base de los marcos normativos interno e internacional. 2) Cada Parte garantizará mecanismos de participación del público en los procesos de toma de decisiones, revisiones, reexaminaciones o actualizaciones relativos a proyectos y actividades, así como en otros procesos de autorizaciones ambientales que tengan o puedan tener un impacto significativo sobre el medio ambiente, incluyendo cuando puedan afectar la salud. 3) Cada Parte promoverá la participación del público en procesos de toma de decisiones, revisiones, reexaminaciones o actualizaciones distintos a los mencionados en el párrafo 2 del presente artículo, relativos a asuntos ambientales de interés público, tales como el ordenamiento del territorio y la elaboración de políticas, estrategias, planes, programas, normas y reglamentos, que tengan o puedan tener un significativo impacto sobre el medio ambiente.	Por tratarse de un proyecto sometido a evaluación mediante una Manifestación de Impacto Ambiental, modalidad regional, su procedimiento se sujetará a los mecanismos de información y participación previstos en la LGEEPA y en su Reglamento en materia de Evaluación del Impacto Ambiental. Si la SEMARNAT determina la realización de una consulta pública, reunión pública de información u otro mecanismo de participación, la promovente proporcionará la información técnica y ambiental requerida y atenderá las observaciones conforme al procedimiento aplicable. La ejecución del proyecto respetará los derechos de la población asentada en su área de influencia, particularmente en lo relacionado con movilidad, accesibilidad, seguridad, calidad ambiental, riesgos y continuidad de los servicios urbanos.
Artículo 8. Acceso a la justicia en asuntos ambientales. 1) Cada Parte garantizará el derecho a acceder a la justicia en asuntos ambientales de acuerdo con las garantías del debido proceso. 2) Cada Parte asegurará, en el marco de su legislación nacional, el acceso a instancias judiciales y administrativas para impugnar y recurrir, en cuanto al fondo y el procedimiento: a) cualquier decisión, acción u omisión relacionada con el acceso a la información ambiental; b) cualquier decisión, acción u omisión relacionada con la participación pública en procesos de toma de decisiones ambientales; y c) cualquier otra decisión, acción u omisión que afecte o pueda afectar de manera adversa al medio ambiente o	La autorización que, en su caso, emita la SEMARNAT estará sujeta a los medios de impugnación y mecanismos de control previstos en la legislación mexicana. Asimismo, cualquier persona, grupo social u organización podrá presentar una denuncia popular ante la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente respecto de hechos, actos u omisiones vinculados con el proyecto que produzcan o puedan producir desequilibrio ecológico o daños al ambiente. La promovente permitirá las actividades de inspección y vigilancia, conservará la documentación que acredite el cumplimiento de las medidas ambientales y atenderá las resoluciones emitidas por las autoridades administrativas o jurisdiccionales competentes.

Artículo	Vinculación
contravenir normas jurídicas relacionadas con el medio ambiente.	

2.7.2.2. Protocolo de Kioto de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático

El Protocolo de Kioto fue adoptado el 11 de diciembre de 1997 como instrumento complementario de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático. México lo firmó el 9 de junio de 1998 y depositó su instrumento de ratificación el 7 de septiembre de 2000.

México tiene la condición de Parte no incluida en el Anexo I; por tanto, los compromisos cuantificados de limitación y reducción de emisiones previstos para las Partes incluidas en dicho Anexo no le resultan directamente exigibles. No obstante, las disposiciones del Protocolo constituyen una referencia para orientar medidas de mitigación, eficiencia energética, movilidad sustentable y manejo adecuado de los residuos.

A continuación, se presenta la vinculación del Proyecto Integral Villahermosa 2030, Puente Carrizal con las disposiciones aplicables del Protocolo de Kioto.

Tabla 43. Vinculación con el Protocolo de Kioto de la CMNUCC.

Artículo	Vinculación
Artículo 2. Con el fin de promover el desarrollo sostenible, cada una de las Partes incluidas en el Anexo I, al cumplir los compromisos cuantificados de limitación y reducción de emisiones contraídos en virtud del artículo 3: a) aplicará o seguirá elaborando políticas y medidas conforme a sus circunstancias nacionales, entre ellas: vii) medidas para limitar o reducir las emisiones de gases de efecto invernadero en el sector transporte; y viii) medidas para limitar o reducir las emisiones de metano mediante su recuperación y utilización en la gestión de los desechos, así como en la producción, transporte y distribución de energía.	Debido a que México no forma parte del Anexo I, esta disposición no establece obligaciones cuantificadas directamente aplicables al proyecto. Sin embargo, el Proyecto Integral Villahermosa 2030, Puente Carrizal adoptará medidas congruentes con sus objetivos de mitigación. Durante la construcción, la maquinaria, los vehículos y los equipos recibirán mantenimiento preventivo periódico para conservarlos en condiciones eficientes de operación; se evitará su funcionamiento innecesario; se optimizarán los recorridos y el traslado de materiales, y se llevará un control del consumo de combustibles. Los residuos sólidos urbanos, de manejo especial y peligrosos se separarán, almacenarán temporalmente y entregarán a prestadores de servicios o sitios autorizados; se promoverá el aprovechamiento de los materiales técnica y ambientalmente aptos y se prohibirá la quema o abandono de residuos. Asimismo, cuando sea técnicamente viable, se emplearán equipos de bajo consumo energético y se organizarán los frentes de trabajo para reducir traslados y emisiones innecesarias. Estas acciones permitirán disminuir las emisiones asociadas con la construcción y mantener la congruencia del proyecto con los objetivos internacionales de mitigación del cambio climático.

2.7.2.3. Acuerdo de París

El Acuerdo de París fue adoptado el 12 de diciembre de 2015. México lo firmó *ad referéndum* el 22 de abril de 2016 y fue aprobado por la Cámara de Senadores el 14 de septiembre del mismo año. El Decreto de aprobación se publicó el 17 de septiembre de 2016 y el instrumento de ratificación fue depositado ante la Organización de las Naciones Unidas el 21 de septiembre de 2016. El Decreto Promulgatorio se publicó y entró en vigor el 4 de noviembre de 2016.

El Acuerdo establece compromisos internacionales relacionados con la mitigación de emisiones de gases de efecto invernadero, la adaptación, la reducción de la vulnerabilidad y el fortalecimiento de la resiliencia climática. A continuación, se presenta su vinculación con el Proyecto Integral Villahermosa 2030, Puente Carrizal.

Tabla 44. Vinculación del proyecto con el Acuerdo de París

Artículo	Vinculación
Artículo 4. 4. Las Partes que son países desarrollados deberían seguir encabezando los esfuerzos, adoptando metas absolutas de reducción de las emisiones para el conjunto de la economía. Las Partes que son países en desarrollo deberían seguir aumentando sus esfuerzos de mitigación, y se las alienta a que, con el tiempo, adopten metas de reducción o limitación de las emisiones para el conjunto de la economía, a la luz de las diferentes circunstancias nacionales. **19.** Todas las Partes deberían esforzarse por formular y comunicar estrategias a largo plazo para un desarrollo con bajas emisiones de gases de efecto invernadero, teniendo presente el artículo 2 y tomando en consideración sus responsabilidades comunes pero diferenciadas y sus capacidades respectivas, a la luz de las diferentes circunstancias nacionales.	El Proyecto Integral Villahermosa 2030, Puente Carrizal no establece metas nacionales de reducción de emisiones; sin embargo, durante su construcción incorporará medidas congruentes con los objetivos de mitigación del Acuerdo. La maquinaria, los vehículos y los equipos recibirán mantenimiento preventivo periódico; se evitará su funcionamiento innecesario; se optimizarán los recorridos y el traslado de materiales; se llevará un control del consumo de combustibles, y se utilizarán equipos en condiciones adecuadas de eficiencia. Los residuos se separarán, almacenarán temporalmente y entregarán a prestadores de servicios o sitios autorizados; se promoverá el aprovechamiento de los materiales técnica y ambientalmente aptos y se prohibirá la quema de residuos. Estas acciones permitirán controlar las emisiones asociadas con el uso de combustibles, el transporte de materiales y la gestión de los residuos generados por las obras. No se atribuye al puente, por sí mismo, una reducción neta de emisiones del transporte, debido a que dicho efecto deberá sustentarse, en su caso, mediante los estudios de movilidad y tránsito correspondientes.
Artículo 7. **1.** Por el presente, las Partes establecen el objetivo mundial relativo a la adaptación, que consiste en aumentar la capacidad de adaptación, fortalecer la resiliencia y reducir la vulnerabilidad al cambio climático con miras a contribuir al desarrollo sostenible y lograr una respuesta de adaptación adecuada en el contexto del objetivo referente a la temperatura que se menciona en el artículo 2.	El proyecto se localiza en una planicie aluvial y cruza el río Carrizal, por lo que su diseño deberá responder a las condiciones hidrológicas, hidráulicas y geotécnicas del sitio, así como a la ocurrencia de lluvias intensas, inundaciones, erosión y socavación. La vinculación se materializa mediante los estudios hidrológicos, hidráulicos, geotécnicos y de socavación empleados para definir las cimentaciones, pilas, estribos, niveles de la superestructura, protecciones marginales y obras de drenaje. Las estructuras se diseñarán para conservar la capacidad hidráulica del río, evitar obstrucciones innecesarias al flujo y reducir la vulnerabilidad de la infraestructura y de las

Artículo	Vinculación
	áreas colindantes. Durante la construcción se contará con procedimientos de respuesta ante crecientes, lluvias extraordinarias, inundaciones, erosión, derrames y demás contingencias. Asimismo, durante la operación y mantenimiento se efectuarán inspecciones de las cimentaciones, apoyos, obras de drenaje, protecciones y zonas susceptibles de socavación. Estas medidas fortalecerán la resiliencia del puente frente a fenómenos hidrometeorológicos y mantendrán su congruencia con los objetivos de adaptación del Acuerdo de París.

2.7.2.4. CITES

México se adhirió a la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres (CITES) el 2 de julio de 1991, y esta entró en vigor para el país el 30 de septiembre del mismo año.

En México, la Dirección General de Vida Silvestre de la SEMARNAT actúa como Autoridad Administrativa; la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad como Autoridad Científica, y la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente como autoridad encargada de la aplicación de la ley.

La CITES regula el comercio internacional de las especies incluidas en sus apéndices mediante un sistema de permisos y certificados. El Proyecto Integral Villahermosa 2030, Puente Carrizal no contempla la importación, exportación, reexportación o comercialización de ejemplares, partes o derivados de flora y fauna silvestres; no obstante, se establecerán medidas preventivas para evitar conductas contrarias a sus disposiciones. y en la PROFEPA.

Tabla 45. Vinculación del proyecto con la CITES

Artículo	Vinculación
Artículo VIII. Medidas que deberán tomar las partes. 1) Las Partes adoptarán las medidas apropiadas para velar por el cumplimiento de sus disposiciones y para prohibir el comercio de especímenes en violación de las mismas. Estas medidas incluirán: a) sancionar el comercio o la posesión de tales especímenes, o ambos; y b) prever la confiscación o devolución al Estado de exportación de dichos especímenes.	El proyecto no contempla actividades de importación, exportación, reexportación o comercio de especies de flora o fauna silvestres, sus partes, productos o derivados, por lo que el régimen de permisos y certificados de la CITES no resulta directamente aplicable a las obras. No obstante, durante la preparación del sitio y construcción se prohibirá al personal capturar, recolectar, extraer, poseer, transportar, comprar, vender o causar daño a ejemplares de vida silvestre presentes en el río Carrizal, sus riberas, la zona federal y las superficies terrestres del proyecto. Esta prohibición se incorporará a las pláticas de inducción ambiental, reglamentos internos y señalización de los frentes de trabajo. Antes de intervenir la vegetación se realizarán recorridos para identificar fauna, nidos, refugios y ejemplares de flora de interés; cuando resulte necesario, se aplicarán medidas de ahuyentamiento, rescate o reubicación por personal capacitado y conforme a las autorizaciones aplicables. Cualquier hallazgo, captura incidental o conducta ilícita será

Artículo	Vinculación
	comunicado al responsable de la supervisión ambiental y, cuando corresponda, a la PROFEPA. El incumplimiento dará lugar a las medidas internas procedentes, sin perjuicio de las responsabilidades previstas en la Ley General de Vida Silvestre y, cuando se actualicen sus elementos, en el artículo 420 del Código Penal Federal.

2.7.2.5. Convenio sobre Diversidad Biológica

El Gobierno de los Estados Unidos Mexicanos firmó *ad referéndum* el Convenio sobre la Diversidad Biológica el 13 de junio de 1992. El instrumento fue aprobado por el Senado de la República el 3 de diciembre de 1992 y el decreto correspondiente se publicó en el Diario Oficial de la Federación el 13 de enero de 1993. México depositó su instrumento de ratificación el 11 de marzo de 1993 y el Convenio entró en vigor para el país el 29 de diciembre del mismo año.

El Convenio tiene como objetivos la conservación de la diversidad biológica, la utilización sostenible de sus componentes y la participación justa y equitativa en los beneficios derivados de la utilización de los recursos genéticos. A continuación, se presenta su vinculación con el Proyecto Integral Villahermosa 2030, Puente Carrizal.

Tabla 46. Vinculación del proyecto con el Convenio sobre la Diversidad Biológica

Artículo	Vinculación
Artículo 6. Medidas generales a los efectos de la conservación y la utilización sostenible. Cada Parte Contratante, con arreglo a sus condiciones y capacidades particulares: a) Elaborará estrategias, planes o programas nacionales para la conservación y la utilización sostenible de la diversidad biológica o adaptará para ese fin las estrategias, planes o programas existentes, que habrán de reflejar, entre otras cosas, las medidas establecidas en el presente Convenio que sean pertinentes para la Parte Contratante interesada; y b) Integrará, en la medida de lo posible y según proceda, la conservación y la utilización sostenible de la diversidad biológica en los planes, programas y políticas sectoriales o intersectoriales.”	El proyecto incorporará criterios de conservación de la biodiversidad durante su diseño, construcción, operación y mantenimiento. La Manifestación de Impacto Ambiental, modalidad regional, integra el análisis del río Carrizal, sus riberas, la vegetación, la fauna terrestre y acuática, el suelo y la conectividad ecológica del Sistema Ambiental Regional. Las medidas ambientales se incorporarán a los programas de ejecución, supervisión y seguimiento, con el propósito de evitar afectaciones innecesarias y mantener la funcionalidad de los componentes ambientales presentes en el área del proyecto.
Artículo 7. Identificación y seguimiento. Cada Parte Contratante, en la medida de lo posible y según proceda, en especial para los fines de los artículos 8 a 10: a) Identificará los componentes de la diversidad biológica que sean importantes para su conservación y utilización sostenible, teniendo en consideración la lista indicativa de categorías que Figura en el anexo I; b) Procederá, mediante muestreo y otras técnicas, al seguimiento de los componentes de la diversidad biológica identificados de conformidad con el apartado a), prestando especial atención a los que requieran la adopción de medidas urgentes de conservación y a los que ofrezcan el mayor potencial para la utilización sostenible;	Los estudios y recorridos de campo de la Manifestación de Impacto Ambiental permitirán identificar la vegetación, fauna y hábitats presentes en el área de influencia del puente, incluyendo las especies que, en su caso, se encuentren incluidas en la NOM-059-SEMARNAT-2010 o en instrumentos internacionales de conservación. Asimismo, se identificarán los impactos asociados con el desmonte, excavaciones, cimentaciones, construcción de pilas y estribos, ocupación temporal, generación de ruido, iluminación, tránsito de maquinaria y posible aporte de sedimentos al río. Durante la construcción se implementará un programa de supervisión ambiental que documentará las medidas aplicadas mediante

Artículo	Vinculación
c) Identificará los procesos y categorías de actividades que tengan, o sea probable que tengan, efectos perjudiciales importantes en la conservación y utilización sostenible de la diversidad biológica y procederá, mediante muestreo y otras técnicas, al seguimiento de esos efectos; y d) Mantendrá y organizará, mediante cualquier mecanismo, los datos derivados de las actividades de identificación y seguimiento de conformidad con los apartados a), b) y c) de este artículo.	bitácoras, registros fotográficos, informes y evidencias del manejo de flora, fauna y superficies intervenidas.
Artículo 8. Conservación *in situ*. Cada Parte Contratante, en la medida de lo posible y según proceda: a) Establecerá un sistema de áreas protegidas o áreas donde haya que tomar medidas especiales para conservar la diversidad biológica; b) Cuando sea necesario, elaborará directrices para la selección, el establecimiento y la ordenación de áreas protegidas o áreas donde haya que tomar medidas especiales para conservar la diversidad biológica; d) Promoverá la protección de ecosistemas y hábitats naturales y el mantenimiento de poblaciones viables de especies en entornos naturales; i) Procurará establecer las condiciones necesarias para armonizar las utilizaciones actuales con la conservación de la diversidad biológica y la utilización sostenible de sus componentes.”	De acuerdo con la sobreposición cartográfica realizada, las obras del proyecto no presentan coincidencia espacial con Áreas Naturales Protegidas federales, estatales o municipales. No obstante, el río Carrizal, sus riberas y la vegetación asociada constituyen elementos relevantes para el desplazamiento, refugio y alimentación de fauna. Las obras se limitarán a las superficies autorizadas; se conservará la vegetación que no interfiera con la construcción; se realizarán recorridos previos para identificar fauna, nidos y refugios; y, cuando resulte necesario, se aplicarán acciones de ahuyentamiento, rescate o reubicación por personal capacitado. También se evitará la disposición de residuos, materiales, combustibles, aceites o sedimentos en el cauce y se restaurarán las superficies ocupadas temporalmente.
Artículo 14. Evaluación del impacto y reducción al mínimo del impacto adverso. 1. Cada Parte Contratante, en la medida de lo posible y según proceda: a) Establecerá procedimientos apropiados por los que se exija la evaluación del impacto ambiental de sus proyectos propuestos que puedan tener efectos adversos importantes para la diversidad biológica con miras a evitar o reducir al mínimo esos efectos y, cuando proceda, permitirá la participación del público en esos procedimientos; b) Establecerá arreglos apropiados para asegurarse de que se tengan debidamente en cuenta las consecuencias ambientales de sus programas y políticas que puedan tener efectos adversos importantes para la diversidad biológica.	El Proyecto Integral Villahermosa 2030, Puente Carrizal se somete al Procedimiento de Evaluación del Impacto Ambiental mediante una Manifestación de Impacto Ambiental, modalidad regional. El estudio describe las obras y actividades, delimita el Sistema Ambiental Regional, caracteriza sus componentes bióticos y abióticos, identifica y evalúa los impactos ambientales y establece medidas de prevención, mitigación, compensación, restauración y seguimiento. Entre las medidas se encuentran la delimitación de los frentes de trabajo, protección y rescate de flora y fauna, control de erosión y sedimentos, manejo de residuos y sustancias, prevención de derrames, conservación de la capacidad hidráulica del río y restauración de las superficies temporales. El procedimiento se sujetará a los mecanismos de información y participación pública establecidos en la LGEEPA y su Reglamento en materia de Evaluación del Impacto Ambiental.

2.7.2.6. Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible de las Naciones Unidas. Incluyendo y analizando los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS)

La Asamblea General de las Naciones Unidas adoptó la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible como un plan de acción en favor de las personas, el planeta y la prosperidad. Este instrumento comprende 17 Objetivos de Desarrollo Sostenible y 169 metas de carácter integrado e indivisible, relacionadas con las dimensiones económica, social y ambiental del desarrollo sostenible.

La Agenda 2030 constituye un instrumento orientador y no sustituye las autorizaciones, permisos o disposiciones jurídicas aplicables al proyecto. No obstante, por su naturaleza y características, el Proyecto Integral Villahermosa 2030, Puente Carrizal se relaciona con los siguientes objetivos y metas.

Tabla 47. Vinculación del proyecto con los Objetivos de Desarrollo Sostenible

Objetivo	Meta	Vinculación
Objetivo 6. Garantizar la disponibilidad y la gestión sostenible del agua y el saneamiento para todos.	**Meta 6.6.** De aquí a 2020, proteger y restablecer los ecosistemas relacionados con el agua, incluidos los bosques, las montañas, los humedales, los ríos, los acuíferos y los lagos.	El proyecto cruza el río Carrizal, por lo que se aplicarán medidas para proteger la calidad del agua y conservar la funcionalidad hidráulica y ecológica del cauce. Las obras se limitarán a las superficies autorizadas; se evitará el depósito de residuos, materiales, sedimentos, combustibles, aceites o sustancias contaminantes en el río y sus riberas; se implementarán medidas de control de erosión y arrastre de sedimentos, y se contará con materiales para atender derrames. Las superficies de ocupación temporal serán limpiadas y restauradas al concluir los trabajos.
Objetivo 9. Construir infraestructuras resilientes, promover la industrialización sostenible y fomentar la innovación.	**Meta 9.1.** Desarrollar infraestructuras fiables, sostenibles, resilientes y de calidad, incluidas infraestructuras regionales y transfronterizas, para apoyar el desarrollo económico y el bienestar humano, haciendo especial hincapié en el acceso asequible y equitativo para todos.	La construcción del Puente Carrizal permitirá fortalecer la conectividad entre los sectores urbanos ubicados en ambas márgenes del río, mejorar la continuidad de la red vial y facilitar el desplazamiento de personas, bienes y servicios. Su diseño se sustentará en estudios topográficos, geotécnicos, hidrológicos, hidráulicos y de socavación, con el propósito de contar con una infraestructura segura y resiliente frente a crecientes, inundaciones, erosión y demás condiciones características de la planicie aluvial de Villahermosa.
Objetivo 9. Construir infraestructuras resilientes, promover la	**Meta 9.4.** De aquí a 2030, modernizar la infraestructura y reconvertir las industrias para que sean sostenibles, utilizando los recursos con mayor eficacia y promoviendo	Durante la construcción se promoverá el uso eficiente de materiales, combustibles y energía. La maquinaria y los vehículos recibirán mantenimiento preventivo; se evitará su

Objetivo	Meta	Vinculación
industrialización sostenible y fomentar la innovación.	la adopción de tecnologías y procesos industriales limpios y ambientalmente racionales.	funcionamiento innecesario; se optimizará el traslado de materiales y se reutilizarán aquellos productos de excavación que resulten técnica y ambientalmente aptos. Los residuos se separarán, almacenarán temporalmente y entregarán a prestadores de servicios o sitios autorizados. Estas medidas reducirán el consumo innecesario de recursos y los impactos ambientales asociados con la obra.
Objetivo 11. Lograr que las ciudades sean más inclusivas, seguras, resilientes y sostenibles.	**Meta 11.2.** De aquí a 2030, proporcionar acceso a sistemas de transporte seguros, asequibles, accesibles y sostenibles para todos y mejorar la seguridad vial, en particular mediante la ampliación del transporte público, prestando especial atención a las necesidades de las personas en situación de vulnerabilidad, las mujeres, los niños, las personas con discapacidad y las personas de edad.	El Puente Carrizal contribuirá a mejorar la conectividad y seguridad de los desplazamientos urbanos al establecer una nueva conexión entre las vialidades ubicadas en ambas márgenes del río. El diseño incorporará los elementos de seguridad vial, señalización, iluminación, protección y accesibilidad previstos en el proyecto. Su vinculación con esta meta es complementaria, debido a que el puente formará parte de la estructura urbana y vial de Villahermosa, aunque por sí mismo no constituye un sistema integral de transporte público.
Objetivo 11. Lograr que las ciudades sean más inclusivas, seguras, resilientes y sostenibles.	**Meta 11.6.** De aquí a 2030, reducir el impacto ambiental negativo per cápita de las ciudades, incluso prestando especial atención a la calidad del aire y la gestión de los desechos municipales y de otro tipo.	Para proteger la calidad del aire se aplicará riego en las superficies expuestas; los materiales se transportarán en vehículos cubiertos con lonas; se limitará la velocidad dentro de los frentes de trabajo, y la maquinaria y los vehículos recibirán mantenimiento preventivo. Los residuos sólidos urbanos, de manejo especial y peligrosos serán separados, identificados, almacenados temporalmente y entregados a prestadores autorizados. Se prohibirá su quema, abandono o depósito en el río Carrizal, sus riberas, la zona federal, el suelo o las obras de drenaje.
Objetivo 13. Adoptar medidas urgentes para combatir el cambio climático y sus efectos.	**Meta 13.2.** Incorporar medidas relativas al cambio climático en las políticas, estrategias y planes nacionales.	La incorporación del cambio climático en las políticas y estrategias nacionales corresponde principalmente al Estado mexicano. En el ámbito del proyecto, la vinculación se materializa mediante la consideración de criterios de adaptación y resiliencia en la Manifestación de Impacto Ambiental, modalidad regional, y en los estudios técnicos del puente. El diseño atenderá los niveles hidráulicos, crecientes, inundaciones, erosión, socavación y estabilidad de las márgenes, con el propósito de reducir la vulnerabilidad de la infraestructura frente a fenómenos hidrometeorológicos.

Objetivo	Meta	Vinculación
Objetivo 13. Adoptar medidas urgentes para combatir el cambio climático y sus efectos.	**Meta 13.3.** Mejorar la educación, la sensibilización y la capacidad humana e institucional respecto de la mitigación del cambio climático, la adaptación a él, la reducción de sus efectos y la alerta temprana.	El personal recibirá capacitación sobre buenas prácticas ambientales, uso eficiente de combustibles, mantenimiento de maquinaria, manejo de residuos, prevención de derrames, protección de flora y fauna y respuesta ante lluvias intensas, crecientes e inundaciones. También se establecerán mecanismos de comunicación y procedimientos para suspender o reprogramar actividades cuando las condiciones hidrometeorológicas representen riesgos para el personal, la infraestructura o el río Carrizal.
Objetivo 15. Gestionar sosteniblemente los bosques, luchar contra la desertificación, detener e invertir la degradación de las tierras y detener la pérdida de biodiversidad.	**Meta 15.1.** Velar por la conservación, el restablecimiento y el uso sostenible de los ecosistemas terrestres y los ecosistemas interiores de agua dulce y los servicios que proporcionan.	Aunque el proyecto se desarrolla en un entorno urbano y periurbano, su cruce sobre el río Carrizal implica interacción con un ecosistema interior de agua dulce y con la vegetación de sus riberas. Por ello, se conservará la vegetación que no interfiera con las obras, se minimizará la ocupación del cauce y sus márgenes, se controlará la erosión y el transporte de sedimentos y se restaurarán las superficies afectadas temporalmente. Asimismo, las obras deberán mantener la capacidad hidráulica y la continuidad del flujo del río.
Objetivo 15. Gestionar sosteniblemente los bosques, luchar contra la desertificación, detener e invertir la degradación de las tierras y detener la pérdida de biodiversidad.	**Meta 15.5.** Adoptar medidas urgentes y significativas para reducir la degradación de los hábitats naturales, detener la pérdida de diversidad biológica, proteger las especies amenazadas y evitar su extinción.	Antes del inicio de las obras se realizarán recorridos para identificar vegetación, fauna, nidos, refugios y especies que, en su caso, se encuentren incluidas en alguna categoría de riesgo. Se delimitarán los frentes de trabajo; se prohibirá la captura, extracción, persecución o daño de fauna; y, cuando resulte necesario, se aplicarán medidas de ahuyentamiento, rescate o reubicación por personal capacitado. La vegetación afectada será manejada conforme a las autorizaciones correspondientes y se aplicarán las medidas de restauración o compensación que determine la autoridad competente.

2.7.2.7. Convenio 169 de la Organización Internacional del Trabajo sobre Pueblos Indígenas y Tribales en Países Independientes

El Convenio 169 fue adoptado en Ginebra, Suiza, el 27 de junio de 1989, durante la Septuagésima Sexta Reunión de la Conferencia General de la Organización Internacional del Trabajo. Fue aprobado por la Cámara de Senadores el 11 de julio de 1990, según Decreto publicado en el Diario Oficial de la Federación

el 3 de agosto del mismo año. México depositó su instrumento de ratificación el 5 de septiembre de 1990 y el Convenio entró en vigor el 5 de septiembre de 1991

Tabla 48. Vinculación del proyecto con el Convenio 169 de la OIT sobre Pueblos Indígenas y Tribales en Países Independientes.

Artículo	Vinculación
Artículo 1. El presente Convenio se aplica: B) a los pueblos en países independientes, considerados indígenas por el hecho de descender de poblaciones que habitaban en el país o en una región geográfica a la que pertenece el país en la época de la conquista o la colonización o del establecimiento de las actuales fronteras estatales y que, cualquiera que sea su situación jurídica, conservan todas sus propias instituciones sociales, económicas, culturales y políticas, o parte de ellas.	Con base en la revisión bibliográfica, cartográfica y los trabajos de campo realizados, no se identificaron asentamientos, comunidades indígenas o tribales dentro del polígono de afectación directa del Proyecto Integral Villahermosa 2030, Puente Carrizal. En consecuencia, las obras no implican la ocupación directa de comunidades indígenas ni la intervención de sus instituciones sociales, económicas, culturales o políticas.
Artículo 2. 1. Los gobiernos deberán asumir la responsabilidad de desarrollar, con la participación de los pueblos interesados, una acción coordinada y sistemática con miras a proteger los derechos de esos pueblos y a garantizar el respeto de su integridad. 2. Esta acción deberá incluir medidas: a) a que aseguren a los miembros de dichos pueblos gozar, en pie de igualdad, de los derechos y oportunidades que la legislación nacional otorga a los demás miembros de la población; b) que promuevan la plena efectividad de los derechos sociales, económicos y culturales de esos pueblos, respetando su identidad social y cultural, sus costumbres y tradiciones, y sus instituciones; c) que ayuden a los miembros de los pueblos interesados a eliminar las diferencias socioeconómicas que puedan existir entre los miembros indígenas y los demás miembros de la comunidad nacional, de una manera compatible con sus aspiraciones y formas de vida.	No se identificaron comunidades indígenas o tribales dentro del polígono de afectación directa de las obras. Por ello, con base en la información disponible, no se prevén afectaciones directas sobre la identidad, integridad, costumbres, tradiciones, instituciones o derechos colectivos de algún pueblo indígena. No obstante, la ejecución del proyecto se realizará con respeto a los derechos humanos y sin discriminación.
Artículo 3 1. Los pueblos indígenas y tribales deberán gozar plenamente de los derechos humanos y libertades fundamentales, sin obstáculos ni discriminación. Las disposiciones de este Convenio se aplicarán sin discriminación a los hombres y mujeres de esos pueblos. 2. No deberá emplearse ninguna forma de fuerza o de coerción que viole los derechos humanos y las libertades fundamentales de los pueblos interesados, incluidos los derechos contenidos en el presente Convenio.	La revisión del área de intervención determinó que dentro del polígono de afectación directa no existen asentamientos o comunidades indígenas o tribales. En consecuencia, no se anticipan actos de desplazamiento, coerción o discriminación derivados de la ocupación de las superficies requeridas por el proyecto. El personal será contratado y tratado en condiciones de igualdad, sin distinción por origen étnico, lengua, género o pertenencia comunitaria.
Artículo 6.	Con base en la revisión bibliográfica, cartográfica y de campo, no se identificaron asentamientos, comunidades

Artículo	Vinculación
Los gobiernos deberán consultar a los pueblos interesados, mediante procedimientos apropiados y a través de sus instituciones representativas, cuando se prevean medidas susceptibles de afectarles directamente.	indígenas o tribales dentro del polígono de afectación directa del proyecto ni afectaciones directas sobre tierras, recursos, instituciones o derechos colectivos indígenas. Por ello, conforme a la información disponible, no se actualiza el supuesto específico de afectación directa que activa el procedimiento de consulta previsto en este artículo. Si durante la evaluación o ejecución se identifica una posible afectación no prevista, se informará a la autoridad competente para que determine lo conducente.
Artículo 8 1. Al aplicar la legislación nacional a los pueblos interesados deberán tomarse debidamente en consideración sus costumbres o su derecho consuetudinario. 2. Dichos pueblos deberán tener el derecho de conservar sus costumbres e instituciones propias, siempre que éstas no sean incompatibles con los derechos fundamentales definidos por el sistema jurídico nacional ni con los derechos humanos internacionalmente reconocidos.	No se identificaron comunidades indígenas o tribales dentro del polígono de afectación directa de las obras; por tanto, no se prevé la modificación o afectación directa de costumbres, prácticas tradicionales, sistemas normativos o instituciones comunitarias indígenas.
Artículo 12. Los pueblos interesados deberán tener protección contra la violación de sus derechos, y poder iniciar procedimientos legales, sea personalmente o bien por conducto de sus organismos representativos, para asegurar el respeto efectivo de tales derechos.	Debido a que no se identificaron asentamientos o comunidades indígenas dentro del polígono de afectación directa, no se anticipa la vulneración directa de derechos indígenas como consecuencia de las obras. Sin perjuicio de ello, cualquier persona o comunidad conservará el derecho de acudir a las instancias administrativas o jurisdiccionales competentes si considera que el proyecto afecta sus derechos.
Artículo 14. 1. Deberá reconocerse a los pueblos interesados el derecho de propiedad y de posesión sobre las tierras que tradicionalmente ocupan. 2. Los gobiernos deberán tomar las medidas que sean necesarias para determinar las tierras que los pueblos interesados ocupan tradicionalmente y garantizar la protección efectiva de sus derechos de propiedad y posesión. 3. Deberán instituirse procedimientos adecuados en el marco del sistema jurídico nacional para solucionar las reivindicaciones de tierras formuladas por los pueblos interesados.	La revisión de la tenencia de la tierra y los trabajos de campo no identificaron tierras de ocupación tradicional indígena dentro del polígono de afectación directa del Puente Carrizal. En consecuencia, no se prevé la ocupación, adquisición o afectación directa de tierras cuya propiedad o posesión corresponda tradicionalmente a algún pueblo o comunidad indígena.
Artículo 20. 1. Los gobiernos deberán adoptar, en el marco de su legislación nacional y en cooperación con los pueblos interesados, medidas especiales para garantizar a los trabajadores pertenecientes a esos pueblos una protección eficaz en materia de contratación y condiciones de empleo. 2. Los gobiernos deberán hacer cuanto esté en su poder por evitar cualquier discriminación entre los trabajadores	Aunque no se identificaron comunidades indígenas o tribales dentro del polígono de afectación directa, la promovente garantizará condiciones de contratación igualitarias y no discriminatorias para todo el personal. Las personas indígenas que, en su caso, participen en la construcción tendrán acceso a las mismas condiciones laborales, remuneración, capacitación, seguridad y equipo de protección que el resto de los trabajadores.

Artículo	Vinculación
pertenecientes a los pueblos interesados y los demás trabajadores.	

2.7.2.8. Convención para la Protección de la Flora, la Fauna y las Bellezas Escénicas Naturales de los Países de América

La Convención para la Protección de la Flora, la Fauna y las Bellezas Escénicas Naturales de los Países de América tiene como finalidad proteger y conservar, en su ambiente natural, ejemplares de la flora y fauna nativas, incluidas las aves migratorias, así como los paisajes, las formaciones geológicas y los sitios naturales de valor estético, histórico o científico.

Para el análisis de la vinculación se consideran las obras y actividades que integran el "Proyecto Integral Villahermosa 2030, Puente Carrizal"**,** sometido al Procedimiento de Evaluación del Impacto Ambiental mediante una Manifestación de Impacto Ambiental, modalidad regional**.** El proyecto comprende la construcción del puente sobre el río Carrizal, sus accesos, cimentaciones, pilas, estribos, superestructura, obras hidráulicas y de drenaje, así como las superficies de ocupación temporal y permanente.

De acuerdo con la sobreposición cartográfica realizada, el proyecto no presenta coincidencia espacial con Áreas Naturales Protegidas de competencia federal, estatal o municipal. No obstante, debido a su intervención sobre el río Carrizal, sus márgenes y la vegetación asociada, se establecen medidas para proteger la flora, la fauna, las aves migratorias y los hábitats acuáticos y ribereños.

Tabla 49. Vinculación del Proyecto Integral Villahermosa 2030, Puente Carrizal, con la Convención.

Artículo	Vinculación
Artículo III. Los Gobiernos Contratantes convienen en que los límites de los parques nacionales no serán alterados ni enajenada parte alguna de ellos, sino por acción de la autoridad legislativa competente. Las riquezas existentes en ellos no se explotarán con fines comerciales. Los Gobiernos Contratantes convienen en prohibir la caza, la matanza y la captura de especímenes de la fauna y la destrucción y recolección de ejemplares de la flora en los parques nacionales, excepto cuando se haga por las autoridades del parque o por orden o bajo la vigilancia de las mismas, o para investigaciones científicas debidamente autorizadas. Los Gobiernos Contratantes convienen además en proveer los parques nacionales de las facilidades necesarias para el solaz y la educación del público, de acuerdo con los fines que persigue esta Convención.	De acuerdo con la sobreposición cartográfica efectuada, las obras del Proyecto Integral Villahermosa 2030, Puente Carrizal, no se localizan dentro de Áreas Naturales Protegidas de competencia federal, estatal o municipal. En consecuencia, el proyecto no implica la modificación de los límites de parques nacionales, la ocupación de superficies sujetas a esta categoría de protección ni la explotación de sus recursos. No obstante, durante la preparación del sitio y construcción se delimitarán los frentes de trabajo y se evitará la afectación de superficies distintas de las autorizadas. Asimismo, se prohibirá al personal la caza, captura, extracción, posesión o comercialización de ejemplares de flora y fauna silvestres. También se aplicarán medidas para prevenir la dispersión de partículas, el ruido excesivo, los derrames y el depósito de residuos o materiales en el río Carrizal, sus márgenes o zonas colindantes. Por lo anterior, el proyecto no contraviene lo establecido en este artículo.
Artículo V. 1.- Los Gobiernos Contratantes convienen en adoptar o en recomendar a sus respectivos cuerpos legislativos competentes, la adopción de leyes y reglamentos que aseguren la protección y conservación de la flora y fauna dentro de sus respectivos territorios y fuera de los parques y	Este artículo resulta aplicable debido a que protege la flora y fauna aun fuera de las Áreas Naturales Protegidas. La construcción del puente implicará intervenciones puntuales sobre superficies terrestres, márgenes del río Carrizal y, en su caso, vegetación ribereña o secundaria. Antes del inicio de las obras se delimitarán las superficies autorizadas y se

Artículo	Vinculación
reservas nacionales, monumentos naturales y de las reservas de regiones vírgenes mencionados en el artículo II. Dichas reglamentaciones contendrán disposiciones que permitan la caza o recolección de ejemplares de fauna y flora para estudios o investigaciones científicos por individuos y organismos debidamente autorizados. 2.- Los Gobiernos Contratantes convienen en adoptar o en recomendar a sus respectivos cuerpos legislativos la adopción de leyes que aseguren la protección y conservación de los paisajes, las formaciones geológicas extraordinarias, y las regiones y los objetos naturales de interés estético o valor histórico o científico.	identificarán los ejemplares de flora y fauna susceptibles de afectación. La remoción, poda o trasplante de vegetación se limitará a lo estrictamente necesario y se realizará conforme a las autorizaciones aplicables. Se efectuarán recorridos previos para detectar fauna silvestre y se aplicarán acciones de ahuyentamiento, rescate o reubicación por personal capacitado cuando resulte procedente. Se prohibirá la captura, colecta, caza, extracción o comercialización de especies silvestres. Asimismo, las superficies ocupadas temporalmente serán restauradas al finalizar la construcción y el cumplimiento de las medidas se documentará mediante bitácoras, registros fotográficos e informes de supervisión ambiental.
Artículo VII. Los Gobiernos Contratantes adoptarán las medidas apropiadas para la protección de las aves migratorias de valor económico o de interés estético o para evitar la extinción que amenace a una especie determinada. Se adoptarán medidas que permitan, hasta donde los respectivos gobiernos lo crean conveniente, utilizar racionalmente las aves migratorias, tanto en el deporte como en la alimentación, el comercio, la industria y para estudios o investigaciones científicas.	El río Carrizal y la vegetación presente en sus márgenes pueden constituir sitios de desplazamiento, refugio, alimentación o descanso para aves residentes y migratorias. Antes de realizar desmontes, podas o retiro de arbolado se inspeccionará la vegetación para identificar nidos activos o sitios de refugio. Cuando se detecten nidos activos, se establecerán medidas de protección y se evitará su intervención durante el periodo de reproducción, salvo que la autoridad competente determine una medida diferente. La iluminación nocturna se restringirá a las áreas indispensables y se dirigirá hacia los frentes de trabajo para reducir la perturbación de la fauna. También se controlarán el ruido y el movimiento de maquinaria, y quedará prohibida la captura, persecución, extracción, posesión o daño intencional de aves y sus nidos. El personal recibirá capacitación sobre protección de fauna silvestre y atención de ejemplares incluidos, en su caso, en alguna categoría de riesgo conforme a la NOM-059-SEMARNAT-2010.

2.8. Leyes y Reglamentos en Materia Ambiental

2.8.1. Ley De Vías Generales de Comunicación

La Ley de Vías Generales de Comunicación fue publicada en el Diario Oficial de la Federación el 19 de febrero de 1940, su última reforma publicada fue el 03 de mayo de 2023. En la siguiente tabla se presenta la vinculación del proyecto con este ordenamiento:

Tabla 50. Vinculación con la Ley de Vías Generales de Comunicación

Artículo / Fundamento	Texto del Artículo PDF	Vinculación con el Proyecto
Artículo 2	Son partes integrantes de las vías generales de comunicación: I.- Los servicios auxiliares, obras, construcciones y demás dependencias y accesorios	El proyecto consiste en el desarrollo de infraestructura vial/carretera que se ubica dentro del Derecho de Vía (DDV) de las vías de

(Capítulo I, Libro Primero)	de las mismas; II.- Los terrenos y aguas que sean necesarias para el derecho de vía y para el establecimiento de los servicios y obras a que se refiere la fracción anterior. La extensión de los terrenos y aguas y el volumen de éstas se fijará por la Secretaría de Comunicaciones y Transportes.	comunicación estatales y federales correspondientes en el estado de Tabasco.
Artículo 41 (Capítulo VI)	No podrán ejecutarse trabajos de construcción en las vías generales de comunicación, en sus servicios auxiliares y demás dependencias y accesorios, sin la aprobación previa de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes a los planos, memoria descriptiva y demás documentos relacionados con las obras que tratan de realizarse. Las modificaciones que posteriormente se hagan se someterán igualmente a la aprobación previa de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes.	Para la construcción de las obras del proyecto en Tabasco, el promovente cumplirá con cada uno de los trámites y aprobaciones previas establecidos por la SICT, los cuales serán consultados e ingresados en los tiempos y plazos legalmente normados. Existe una vinculación positiva por parte del proyecto, por lo que no existe impedimento legal para su desarrollo.

2.8.2. Ley General de Vida Silvestre (LGVS)

La Ley General de Vida Silvestre tiene por objeto establecer la concurrencia de la Federación, las entidades federativas y los municipios, dentro de sus respectivas competencias, para la conservación y el aprovechamiento sustentable de la vida silvestre y su hábitat. Fue publicada en el Diario Oficial de la Federación el 3 de julio de 2000 y su última reforma fue publicada el 16 de julio de 2025.

El "Proyecto Integral Villahermosa 2030, Puente Carrizal" se vincula con esta Ley debido a que sus obras pueden interactuar con fauna silvestre, vegetación ribereña y hábitats acuáticos y terrestres asociados con el río Carrizal.

Tabla 51. Vinculación del proyecto con la Ley General de Vida Silvestre (LGVS)

Artículo / fundamento	Texto del artículo	Vinculación con el proyecto
Artículo 4	"Es deber de todos los habitantes del país conservar la vida silvestre; queda prohibido cualquier acto que implique su destrucción, daño o perturbación, en perjuicio de los intereses de la Nación."	Durante la preparación del sitio y construcción se prohibirá la captura, caza, extracción, posesión, comercialización, alimentación o daño intencional de fauna silvestre. El personal recibirá capacitación sobre estas prohibiciones y sobre los procedimientos de actuación cuando se detecten ejemplares dentro de los frentes de trabajo.
Artículo 19	"Las autoridades que, en el ejercicio de sus atribuciones, deban intervenir en las actividades relacionadas con la utilización del suelo, agua y demás recursos naturales […] observarán las disposiciones de esta Ley y las que de ella se deriven, y adoptarán las medidas que sean necesarias para que dichas actividades se lleven a cabo de modo que se eviten, prevengan, reparen, compensen o minimicen los	El proyecto incorporará medidas para prevenir y minimizar afectaciones sobre la fauna y los hábitats vinculados con el río Carrizal. Entre ellas se encuentran la delimitación de las obras, inspecciones previas, protección de la vegetación ribereña, control de ruido e iluminación, prevención de derrames, manejo adecuado de residuos y restauración de las superficies ocupadas temporalmente.

Artículo / fundamento	Texto del artículo	Vinculación con el proyecto
	efectos negativos de las mismas sobre la vida silvestre y su hábitat.”	
Artículos 29, 30 y 31	“Artículo 29. […] adoptarán las medidas de trato digno y respetuoso para evitar o disminuir la tensión, sufrimiento, traumatismo y dolor que se pudiera ocasionar a los ejemplares de fauna silvestre […]”. “Artículo 30. […] Queda estrictamente prohibido todo acto de crueldad en contra de la fauna silvestre […]”. “Artículo 31. Cuando se realice traslado de ejemplares vivos de fauna silvestre, éste se deberá efectuar bajo condiciones que eviten o disminuyan la tensión, sufrimiento, traumatismo y dolor, teniendo en cuenta sus características.”	Antes de iniciar desmontes, excavaciones, hincado o perforación de cimentaciones se realizarán recorridos para detectar fauna silvestre. Se priorizará el desplazamiento natural y el ahuyentamiento dirigido. Cuando sea indispensable realizar el rescate o traslado de algún ejemplar, la actividad será efectuada por personal capacitado, mediante técnicas adecuadas para la especie y, cuando corresponda, con las autorizaciones de la autoridad competente. La liberación se realizará en un sitio receptor compatible y alejado de los frentes de obra.
Artículo 63	“La conservación del hábitat natural de la vida silvestre es de interés público. Los hábitats críticos para la conservación de la vida silvestre son áreas específicas terrestres o acuáticas, en las que ocurren procesos biológicos, físicos y químicos esenciales […] y que por tanto requieren manejo y protección especial.”	El río Carrizal, sus márgenes y la vegetación ribereña pueden proporcionar espacios de alimentación, refugio, reproducción y desplazamiento para fauna acuática, terrestre y avifauna. Por ello, las obras se limitarán a las superficies autorizadas, se evitarán intervenciones innecesarias sobre la vegetación y se mantendrá la continuidad hidráulica y ecológica del río. La identificación de estos elementos no implica que el sitio haya sido declarado oficialmente como hábitat crítico.
Artículo 106	“Sin perjuicio de las demás disposiciones aplicables, toda persona física o moral que ocasione directa o indirectamente un daño a la vida silvestre o a su hábitat, está obligada a repararlo o compensarlo de conformidad a lo dispuesto por la Ley Federal de Responsabilidad Ambiental.”	El promovente será responsable de prevenir y atender los daños que pudieran ocasionarse a la vida silvestre o su hábitat. En caso de presentarse una afectación no prevista, se aplicarán inmediatamente medidas de contención, rescate, restauración, reparación o compensación, y se dará aviso a la autoridad cuando resulte procedente.
Artículo 117	“Cuando exista riesgo inminente de daño o deterioro grave a la vida silvestre o a su hábitat, la Secretaría, fundada y motivadamente, ordenará la aplicación de una o más de las siguientes medidas de seguridad: […] III. La suspensión temporal, parcial o total de la actividad que motive la imposición de la medida de seguridad. IV. La realización de las acciones necesarias para evitar que se continúen presentando los supuestos que motiven la imposición de la medida de seguridad.”	El proyecto acatará las medidas de seguridad que determine la SEMARNAT cuando exista riesgo inminente para la vida silvestre o su hábitat. La supervisión ambiental podrá detener temporalmente actividades específicas cuando se detecten ejemplares en riesgo, nidos activos, madrigueras, sitios de reproducción o condiciones que puedan ocasionar mortalidad o daño a la fauna.
Artículo 122, fracciones I, X, XI, XII y XXIII	“Son infracciones a lo establecido en esta Ley: I. Realizar cualquier acto que cause la destrucción o daño de la vida silvestre o de su hábitat […] X. Poseer	El personal será informado sobre las conductas prohibidas por la Ley. El manejo, traslado o liberación de fauna no se realizará de manera

Artículo / fundamento	Texto del artículo	Vinculación con el proyecto
	ejemplares de la vida silvestre fuera de su hábitat natural sin contar con los medios para demostrar su legal procedencia […] XI. Liberar ejemplares de la vida silvestre a su hábitat natural sin contar con la autorización respectiva […] XII. Trasladar ejemplares, partes y derivados de la vida silvestre sin la autorización correspondiente […] XXIII. Realizar actos que contravengan las disposiciones de trato digno y respetuoso a la fauna silvestre […]".	improvisada ni por trabajadores no autorizados. Los rescates serán documentados mediante bitácoras, registros fotográficos y formatos que indiquen la especie, condición del ejemplar, sitio de hallazgo, manejo realizado y sitio de liberación.
Artículo 123	"Las violaciones a los preceptos de esta Ley, su reglamento, las normas oficiales mexicanas y demás disposiciones legales que de ella se deriven, serán sancionadas administrativamente por la Secretaría […]".	El promovente y los contratistas cumplirán las disposiciones de la Ley, las autorizaciones ambientales y las medidas de protección de fauna. Los incumplimientos del personal serán atendidos mediante acciones correctivas internas, sin perjuicio de las medidas de seguridad y sanciones administrativas que pueda imponer la autoridad competente.

2.8.3. Reglamento de la Ley General de Vida Silvestre (R-LGVS)

Tiene por objeto reglamentar la Ley General de Vida Silvestre. Fue publicado en el Diario Oficial de la Federación el 30 de noviembre de 2006 y su última reforma fue publicada el 9 de mayo de 2014.

Tabla 52. Vinculación con el Reglamento de la Ley General de Vida Silvestre

Artículo / fundamento	Texto del artículo	Vinculación con el proyecto
Artículo 2, fracciones VIII, IX, XIII y XV	"VIII. Especie. La unidad básica de clasificación taxonómica, formada por un conjunto de individuos que son capaces de reproducirse entre sí y generar descendencia fértil, que comparten rasgos morfológicos, fisiológicos y conductuales; IX. Especies asociadas. Aquéllas que comparten el hábitat natural y forman parte de la comunidad biológica de una especie en particular; XIII. Liberación. La acción de dejar en libertad de movimiento o dispersión a un individuo o grupo de individuos de una o más especies silvestres en un hábitat natural de la especie; XV. Medidas de contingencia. Las acciones que se aplicarán cuando se presenten situaciones que pudieran tener efectos sobre los ejemplares, poblaciones o especies de la vida silvestre y su hábitat […]".	Estas definiciones serán consideradas para la identificación, caracterización y manejo de la fauna presente en el río Carrizal, sus márgenes y las superficies terrestres del proyecto. También serán utilizadas en los registros de rescate, liberación y seguimiento y en la aplicación de medidas de contingencia ante hallazgos de fauna dentro de los frentes de trabajo.
Artículo 12	"Las personas que pretendan realizar cualquier actividad relacionada con hábitat, especies, partes o	Cuando las actividades de captura, rescate, traslado, manejo o liberación requieran

Artículo / fundamento	Texto del artículo	Vinculación con el proyecto
	derivados de vida silvestre y que conforme a la Ley requieran licencia, permiso o autorización de la Secretaría, presentarán la solicitud correspondiente en los formatos que para tal efecto establezca la Secretaría […]".	autorización específica, el promovente realizará el trámite correspondiente ante la SEMARNAT. Estas acciones serán efectuadas por personal capacitado y se documentarán mediante bitácoras, registros fotográficos y formatos de manejo de fauna.
Artículo 70	"Para los efectos del artículo 63 de la Ley, el Acuerdo Secretarial por el que se establezca el hábitat crítico para la conservación de la vida silvestre se publicará en el Diario Oficial de la Federación y prevendrá la coordinación con las dependencias y entidades de la Administración Pública Federal para que éstas no autoricen proyectos o provean fondos que puedan destruir o amenazar las áreas designadas."	No se identificó que las superficies del proyecto se encuentren dentro de un hábitat crítico establecido mediante Acuerdo Secretarial. No obstante, se protegerán los hábitats acuáticos y ribereños asociados con el río

2.8.4. Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable (LGDFS)

La Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable regula y fomenta el manejo integral y sustentable de los territorios forestales, la conservación y restauración de los ecosistemas forestales y la distribución de competencias en materia forestal. Fue publicada en el Diario Oficial de la Federación el 5 de junio de 2018 y su última reforma fue publicada el 1 de abril de 2024.

Para determinar su aplicación al "Proyecto Integral Villahermosa 2030, Puente Carrizal", se deberá identificar si las superficies requeridas para accesos, cimentaciones, estribos, obras auxiliares y ocupaciones temporales presentan las características legales de terreno forestal. La presencia aislada de árboles, vegetación urbana, vegetación ribereña o acahuales no implica por sí misma la procedencia de una autorización de cambio de uso del suelo en terrenos forestales.

Tabla 53. Vinculación del proyecto con la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable

Artículo	Texto legal normativo	Vinculación con el proyecto
Artículo 7, fracción I Bis	"Acahual: Asociación vegetal que se ubica en terrenos de uso agropecuario y tradicional que recupera la cobertura vegetal en sus periodos de descanso, debido al proceso de sucesión ecológica y que presenta diferencias de composición, tamaño o densidad con respecto a selvas y/o bosques como se definen en la presente Ley […]".	Si se identifica vegetación secundaria en las superficies del proyecto, se determinará si corresponde a un acahual desarrollado sobre terrenos agropecuarios o tradicionales, vegetación urbana, vegetación ribereña o vegetación propia de un terreno forestal. La sola presencia de un acahual no implica automáticamente un cambio de uso del suelo en terrenos forestales.
Artículo 7, fracción VI	"Cambio de uso del suelo en terreno forestal: La remoción total o parcial de la vegetación forestal de los terrenos forestales arbolados o de otros terrenos forestales para destinarlos o inducirlos a actividades no forestales."	La construcción del puente solamente constituirá cambio de uso del suelo en terrenos forestales cuando implique la remoción de vegetación forestal en superficies que reúnan legal y técnicamente las características de terreno forestal. Esta condición se

Artículo	Texto legal normativo	Vinculación con el proyecto
		verificará mediante recorridos de campo, caracterización de la vegetación y delimitación cartográfica.
Artículo 7, fracciones LXXI, LXXI Bis y LXXX	"LXXI. Terreno forestal: Es el que está cubierto por vegetación forestal o vegetación secundaria nativa, y produce bienes y servicios forestales". "LXXI Bis. Terreno forestal arbolado: Terreno forestal que se extiende por más de 1,500 metros cuadrados dotado de árboles de una altura superior a 5 metros y una cobertura de copa superior al diez por ciento […]". "LXXX. Vegetación forestal: Es el conjunto de plantas y hongos que crecen y se desarrollan en forma natural, formando bosques, selvas, zonas áridas y semiáridas, y otros ecosistemas […]".	La clasificación considerará la superficie, uso actual del suelo, origen y composición de la vegetación, cobertura de copa, altura del arbolado, grado de naturalidad y servicios forestales. Los árboles aislados, el arbolado urbano, la vegetación ornamental o la vegetación secundaria no serán clasificados automáticamente como terreno forestal.
Artículo 68, fracción I	"Corresponderá a la Secretaría emitir los siguientes actos y autorizaciones: I. Autorización de cambio de uso de suelo en terrenos forestales, por excepción."	Si la caracterización confirma que el proyecto afectará terrenos forestales, se obtendrá previamente de la SEMARNAT la autorización de cambio de uso del suelo correspondiente. Si las superficies no reúnen las características legales de terreno forestal, esta autorización no será aplicable, sin perjuicio de los permisos locales para poda, trasplante o derribo de arbolado.
Artículo 93	"La Secretaría solo podrá autorizar el cambio de uso de suelo en terrenos forestales por excepción, previa opinión técnica de los miembros del Consejo Estatal Forestal de que se trate y con base en los estudios técnicos justificativos […] los cuales demuestren que la biodiversidad de los ecosistemas que se verán afectados se mantenga, y que la erosión de los suelos, la capacidad de almacenamiento de carbono, el deterioro de la calidad del agua o la disminución en su captación se mitiguen en las áreas afectadas por la remoción de la vegetación forestal."	Si se confirma la afectación de terrenos forestales, se elaborará el estudio técnico justificativo y se tramitará la autorización antes de cualquier remoción. El estudio incluirá medidas para conservar la biodiversidad, controlar la erosión, compensar la pérdida de carbono, proteger la calidad del agua y mantener la infiltración. También se integrará el programa de rescate y reubicación de flora y fauna correspondiente.
Artículo 98	"Los interesados en el cambio de uso de suelo en terrenos forestales, deberán comprobar que realizaron el depósito ante el Fondo Forestal Mexicano, por concepto de compensación ambiental, para que se lleven a cabo acciones de restauración de los ecosistemas que se afecten, preferentemente dentro de la cuenca hidrográfica en donde se ubique la autorización del proyecto […]".	Si resulta procedente el cambio de uso del suelo, se realizará el depósito por compensación ambiental ante el Fondo Forestal Mexicano en el monto y condiciones determinados por la SEMARNAT. Las acciones de restauración se orientarán preferentemente a la cuenca hidrográfica vinculada con el río Carrizal.
Artículo 100	"La Secretaría, con la participación de la Comisión, coordinará con diversas entidades públicas, acciones conjuntas para armonizar y eficientar los programas de construcciones de los sectores eléctrico, hidráulico y de comunicaciones, con el cumplimiento de la normatividad correspondiente."	Por tratarse de infraestructura vial vinculada con un cuerpo de agua nacional, la ejecución del proyecto se coordinará con las autoridades ambientales, forestales, hidráulicas y de infraestructura competentes. Se cumplirán las autorizaciones y condicionantes que resulten aplicables.



2.8.5. Reglamento de la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable

2.8.6. Ley de Aguas Nacionales (LAN)

La Ley de Aguas Nacionales regula la explotación, uso, aprovechamiento, distribución y control de las aguas nacionales, así como la preservación de su cantidad y calidad. Fue publicada en el Diario Oficial de la Federación el 1 de diciembre de 1992 y su última reforma fue publicada el 11 de diciembre de 2025. Por su parte, el Reglamento de la Ley de Aguas Nacionales fue publicado el 12 de enero de 1994 y su última reforma corresponde al 25 de agosto de 2014.

Estas disposiciones resultan aplicables al "Proyecto Integral Villahermosa 2030, Puente Carrizal", debido a que contempla la construcción de un puente sobre el río Carrizal, cuerpo de agua de jurisdicción federal, así como accesos, cimentaciones, pilas, estribos, superestructura, obras hidráulicas, drenaje y superficies de ocupación temporal y permanente. En consecuencia, deberán obtenerse previamente las autorizaciones, permisos o títulos que correspondan para ejecutar obras en el cauce, ocupar la zona federal y evitar modificaciones adversas al régimen hidráulico del río.

Tabla 55. Vinculación con la Ley de Aguas Nacionales

Artículo	Texto legal normativo	Vinculación con el proyecto
Artículo 3	Establecen las definiciones aplicables en materia de aguas nacionales, cauces, riberas, zonas federales, cuerpos receptores, infraestructura hidráulica, aguas residuales y humedales.	Estas definiciones se utilizarán para delimitar el cauce, las riberas y la zona federal del río Carrizal, así como para identificar las superficies de ocupación temporal y permanente. La delimitación permitirá diferenciar las obras terrestres de aquellas que se ejecutarán dentro de bienes nacionales administrados por la Comisión Nacional del Agua.
Artículo 86	Prohíben depositar en cuerpos receptores y zonas federales basura, materiales, lodos, escombros y residuos que puedan contaminar las aguas por disolución o arrastre.	Durante la construcción se prohibirá depositar materiales de excavación, concreto, lechadas, residuos, aceites, combustibles, lodos o escombros en el cauce, las márgenes o la zona federal del río Carrizal. Se instalarán barreras para retener sedimentos y los materiales se almacenarán en áreas acondicionadas fuera del flujo del río.
Artículos 87, 88 y 88 Bis	Las descargas de aguas residuales en aguas o bienes nacionales requieren permiso y deben cumplir las condiciones particulares y normas aplicables.	El proyecto no contempla descargas de aguas residuales al río Carrizal, al suelo ni al drenaje pluvial. Los servicios sanitarios se proporcionarán mediante sanitarios portátiles, cuyo mantenimiento y retiro de aguas residuales estarán a cargo de prestadores autorizados. Si posteriormente se requiere una descarga directa, se obtendrá previamente el permiso correspondiente y se cumplirán sus condiciones.
Artículo 96 Bis 1	Quien descargue aguas residuales en contravención a la legislación será responsable de reparar o compensar el daño ambiental ocasionado.	Se implementarán medidas para prevenir derrames y descargas accidentales durante la construcción. En caso de presentarse un incidente, se suspenderá la fuente de contaminación, se contendrá y recuperará el material, se notificará a la autoridad cuando resulte procedente y se ejecutarán las acciones de limpieza, reparación o compensación correspondientes.

Artículo	Texto legal normativo	Vinculación con el proyecto
Artículo 98	Cuando las obras puedan afectar el régimen hidráulico o hidrológico de cauces, vasos o zonas federales, se requerirá el permiso correspondiente y la Autoridad del Agua podrá supervisar su construcción.	La construcción del puente, sus cimentaciones, pilas, estribos y obras complementarias puede incidir en el funcionamiento hidráulico del río Carrizal. Por ello, se tramitará ante la CONAGUA el permiso para la ejecución de obras en cauce y zona federal y se presentarán los estudios hidrológicos, hidráulicos y de socavación que acrediten que la estructura mantiene la capacidad de conducción del río.
Artículo 100	La Comisión establecerá las medidas necesarias para evitar que una obra altere desfavorablemente las condiciones hidráulicas de una corriente o ponga en riesgo a las personas, sus bienes o los ecosistemas.	El diseño del puente conservará la sección hidráulica requerida y considerará niveles máximos de agua, periodos de retorno, velocidades de flujo, arrastre de materiales, socavación general y local, estabilidad de las cimentaciones y comportamiento ante avenidas extraordinarias. No se ejecutarán rellenos, terraplenes o estructuras que produzcan represamientos o incrementen el riesgo de inundación.
Artículo 113	Establece que los cauces de las corrientes de aguas nacionales y sus riberas o zonas federales son bienes nacionales administrados por la Comisión Nacional del Agua.	El río Carrizal, su cauce y la zona federal asociada se encuentran sujetos a administración federal. Antes de iniciar la construcción se contará con la delimitación oficial o validada por la CONAGUA y se identificarán las superficies ocupadas por pilas, cimentaciones, estribos, accesos provisionales, plataformas y demás obras auxiliares.
Artículo 113 Bis	Los materiales pétreos localizados dentro de los cauces y bienes públicos inherentes están a cargo de la Autoridad del Agua y su aprovechamiento requiere concesión.	Los materiales provenientes de excavaciones o trabajos dentro del cauce no se aprovecharán libremente como insumos de construcción. Su extracción, retiro, disposición o eventual aprovechamiento se realizará conforme a las indicaciones de la CONAGUA y a la autorización correspondiente. No se depositarán escombros, cascajo ni materiales sobrantes dentro del río.
Artículo 118	Los cauces, zonas federales y demás bienes nacionales podrán usarse o aprovecharse mediante concesión otorgada por la Autoridad del Agua.	Debido a que determinados componentes del puente y las áreas necesarias para su construcción podrán ocupar el cauce o la zona federal del río Carrizal, el promovente tramitará el título de concesión para ocupación de terrenos federales o el instrumento administrativo que determine la CONAGUA. La ocupación se limitará a las superficies expresamente autorizadas.
Artículo 118 Bis	Las personas concesionarias deberán ejecutar únicamente las obras autorizadas, cumplir las especificaciones técnicas, respetar los plazos y atender las obligaciones establecidas en el título.	Las pilas, cimentaciones, estribos, protecciones, accesos y obras auxiliares se construirán conforme a los planos y especificaciones aprobados. Cualquier modificación en su ubicación, dimensiones, procedimiento constructivo o superficie de ocupación será sometida previamente a consideración de la CONAGUA.
Artículo 119	Constituyen infracciones, entre otras, descargar aguas residuales sin cumplir la Ley, ocupar cauces o zonas federales sin concesión y ejecutar obras sin el permiso correspondiente.	El promovente obtendrá las autorizaciones hidráulicas antes de intervenir el cauce o la zona federal. Asimismo, permitirá las visitas de inspección, conservará en obra los títulos y permisos aplicables y mantendrá evidencia documental del cumplimiento de sus condicionantes.

2.8.7. Reglamento de la Ley de Aguas Nacionales

El Reglamento de la Ley de Aguas Nacionales desarrolla las disposiciones aplicables a la administración, aprovechamiento, preservación y control de las aguas nacionales y de sus bienes públicos inherentes. Fue publicado en el Diario Oficial de la Federación el 12 de enero de 1994 y su última reforma fue publicada el 25 de agosto de 2014.

Este ordenamiento resulta aplicable al "Proyecto Integral Villahermosa 2030, Puente Carrizal", debido a que contempla el cruce del río Carrizal y la construcción de cimentaciones, pilas, estribos, accesos y obras auxiliares que incidirán en el cauce y la zona federal. En consecuencia, se cumplirá con la delimitación de los bienes nacionales involucrados y se obtendrán previamente los permisos, concesiones y autorizaciones correspondientes ante la Comisión Nacional del Agua.

Tabla 56. Vinculación con el Reglamento de la Ley de Aguas Nacionales

Artículo	Texto legal normativo	Vinculación con el proyecto
Artículo 2	Define los conceptos de aguas continentales, aguas residuales, corrientes permanentes e intermitentes, cuerpo receptor, demarcación de cauce y zona federal, descarga, humedales e infraestructura hidráulica federal.	Estas definiciones se utilizarán para caracterizar el río Carrizal, delimitar su cauce y zona federal e identificar las superficies de ocupación temporal y permanente. También permitirán diferenciar las aguas pluviales de las aguas residuales generadas durante la construcción.
Artículo 4	Establece los criterios y el procedimiento para delimitar y demarcar los cauces, riberas y zonas federales contiguas a corrientes y depósitos de propiedad nacional.	Antes de ejecutar obras en las márgenes del río Carrizal se contará con la delimitación del cauce y la zona federal determinada o validada por la CONAGUA. Los planos identificarán las pilas, cimentaciones, estribos, plataformas de trabajo, accesos provisionales y demás componentes localizados dentro de bienes nacionales.
Artículo 134	Las personas que exploten, usen o aprovechen aguas están obligadas a implementar las medidas necesarias para prevenir su contaminación y mantener el equilibrio de los ecosistemas.	Aunque el proyecto no contempla el aprovechamiento consuntivo del agua del río Carrizal, se aplicarán medidas para prevenir su contaminación. Los combustibles y sustancias se almacenarán en áreas acondicionadas; se controlará el arrastre de sedimentos y se contará con materiales para atender derrames.
Artículo 135	Quienes efectúen descargas de aguas residuales deberán contar con permiso, proporcionar tratamiento previo cuando resulte necesario y cumplir las condiciones establecidas por la autoridad.	El proyecto no contempla descargas de aguas residuales al río Carrizal, al suelo o al drenaje pluvial. Se utilizarán sanitarios portátiles y las aguas residuales serán retiradas por prestadores autorizados. Si se requiere una descarga directa, se obtendrá previamente el permiso correspondiente.
Artículo 151	Prohíbe depositar en cuerpos receptores y zonas federales basura, materiales, lodos y residuos que puedan contaminar las aguas por disolución o arrastre.	Se prohibirá depositar concreto, lechadas, materiales de excavación, residuos, aceites, combustibles o escombros en el cauce y la zona federal del río Carrizal. Los materiales se almacenarán en áreas acondicionadas y se instalarán barreras para impedir su caída o arrastre hacia el río.
Artículo 157	Las obras que impliquen desviación del curso de las aguas, alteración del régimen hidráulico o afectación de su calidad requieren permiso de la	Se presentarán ante la CONAGUA el proyecto ejecutivo y el programa constructivo del puente, acompañados de los estudios hidrológicos, hidráulicos, geotécnicos y de

Artículo	Texto legal normativo	Vinculación con el proyecto
	Comisión. La solicitud deberá acompañarse del proyecto y programa de ejecución y demostrar que no se afectará riesgosamente el flujo ni los derechos de terceros.	socavación. Se acreditará que las pilas, cimentaciones, estribos y obras temporales no ocasionarán represamientos, cambios desfavorables en la corriente, riesgos de inundación ni afectaciones aguas arriba o aguas abajo.
Artículo 171	Las obras de encauzamiento, dragado, limitación o desecación parcial o total de corrientes y depósitos de propiedad nacional requieren permiso previo. Este permiso podrá tramitarse conjuntamente con la concesión de zona federal.	Cuando el procedimiento constructivo requiera dragado, ataguías, desvíos temporales, plataformas dentro del cauce, retiro de sedimentos o modificación temporal de las márgenes, estas actividades se incluirán expresamente en la solicitud de permiso. No se ejecutarán obras distintas de las autorizadas.
Artículo 172	Los permisos para ejecutar obras deberán señalar al titular, el plazo de realización, las condiciones técnicas aplicables y, en su caso, el uso solicitado para los terrenos involucrados.	La construcción se ajustará a la ubicación, dimensiones, procedimiento, plazo y condiciones técnicas establecidas por la CONAGUA. Cualquier modificación de las pilas, cimentaciones, estribos, protecciones marginales, accesos o superficies temporales se someterá previamente a autorización.
Artículo 174	Las solicitudes de concesión para usar o aprovechar bienes nacionales deberán indicar su localización, objeto, obras proyectadas, plazos de ejecución y término solicitado, acompañándose de planos y memoria descriptiva.	Para ocupar el cauce o la zona federal del río Carrizal se tramitará la concesión correspondiente. La solicitud incluirá las coordenadas y superficies de las obras permanentes y temporales, planos, memoria descriptiva y programa de ejecución, acreditando que no se perjudicará el régimen hidráulico ni los derechos de terceros.
Artículo 175	La preferencia para obtener una concesión de zona federal no comprende el cauce, el vaso ni los materiales de construcción localizados en ellos.	La concesión de zona federal no otorgará al promovente derechos sobre los materiales pétreos presentes en el cauce. Los materiales generados durante las excavaciones se manejarán conforme al permiso de obra y a las indicaciones de la CONAGUA.
Artículo 176	Regula la extracción de materiales pétreos en cauces y vasos y establece que ésta no deberá afectar el libre flujo, la sección hidráulica, las márgenes ni las zonas de protección.	El proyecto no contempla el aprovechamiento comercial de materiales pétreos. Cuando las excavaciones para las cimentaciones generen materiales provenientes del cauce, su retiro y disposición se realizarán conforme a las condiciones autorizadas, sin alterar la sección hidráulica ni obstruir el flujo.
Artículo 177	Los títulos de concesión deberán especificar la corriente, ubicación y delimitación del área, el uso autorizado, las obras aprobadas, sus plazos y la obligación de no modificar sustancialmente el proyecto sin permiso.	Las obras se limitarán a las superficies y componentes expresamente señalados en el título. No se ampliarán plataformas, accesos, cimentaciones o áreas auxiliares dentro del cauce o zona federal sin autorización previa de la CONAGUA.
Artículo 178	El otorgamiento de una concesión no implica que la Comisión asuma responsabilidad por daños causados por avenidas ordinarias o extraordinarias ni autoriza por sí mismo el aprovechamiento de aguas o materiales del cauce.	El diseño y el programa de obra considerarán los niveles máximos de agua, las avenidas extraordinarias y los riesgos de inundación y socavación. El promovente será responsable de implementar las medidas de seguridad necesarias y no realizará aprovechamientos de agua o materiales que no estén expresamente autorizados.
Artículo 179	Las personas concesionarias deberán realizar únicamente los usos y obras autorizados,	La ejecución del puente se limitará a las obras, superficies y plazos autorizados. Se conservarán los comprobantes de

Artículo	Texto legal normativo	Vinculación con el proyecto
	respetar los plazos, cubrir los pagos aplicables y cumplir las obligaciones establecidas en la concesión.	derechos y se permitirá la supervisión de la autoridad. Al concluir los trabajos se retirarán las instalaciones provisionales, equipos, residuos y materiales sobrantes de las superficies ocupadas temporalmente.
Artículo 188	La Comisión podrá inspeccionar la ocupación de cauces y zonas federales y, cuando se realice sin título, ordenar la remoción o demolición de las obras con cargo al infractor, sin perjuicio de las sanciones correspondientes.	No se iniciarán obras dentro del cauce o la zona federal sin contar con los títulos y permisos aplicables. Durante la construcción permanecerán disponibles las autorizaciones, planos, bitácoras e informes que acrediten el cumplimiento de las condiciones establecidas por la CONAGUA.

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

La Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos establece las bases para prevenir la generación, promover la valorización y regular el manejo integral de los residuos sólidos urbanos, de manejo especial y peligrosos. Fue publicada en el Diario Oficial de la Federación el 8 de octubre de 2003 y su última reforma fue publicada el 19 de enero de 2026.

Durante la construcción del “Proyecto Integral Villahermosa 2030, Puente Carrizal” se generarán residuos sólidos urbanos por la presencia del personal; residuos de manejo especial derivados de excavaciones, concreto, acero, madera, empaques y materiales de construcción, y residuos peligrosos, como aceites usados, filtros, estopas, absorbentes y envases contaminados. Cada corriente se manejará conforme a su clasificación y competencia.

Tabla 57. Vinculación con la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos

Artículo	Texto legal normativo	Vinculación con el proyecto
Artículo 5	Define, entre otros conceptos, generador, gestión integral, manejo integral, residuos peligrosos, residuos sólidos urbanos y residuos de manejo especial.	Estas definiciones se utilizarán para identificar y clasificar los residuos generados durante la preparación del sitio y construcción del puente, diferenciando las obligaciones federales, estatales y municipales aplicables.
Artículo 19	Clasifica como residuos de manejo especial, entre otros, los residuos de la construcción, mantenimiento y demolición en general.	Los materiales de excavación que no sean reutilizados, sobrantes de concreto, acero, madera, cimbra, tuberías, empaques y demás residuos de construcción se separarán, cuantificarán y entregarán a transportistas, centros de aprovechamiento o sitios autorizados por la autoridad estatal.
Artículos 40 y 41	Los residuos peligrosos deberán manejarse conforme a la Ley, su Reglamento y las normas oficiales mexicanas, de manera segura y ambientalmente adecuada.	Los aceites usados, filtros, estopas, absorbentes, suelo contaminado, envases de sustancias químicas y demás residuos que presenten características de peligrosidad serán separados de los residuos sólidos urbanos y de manejo especial y recibirán manejo diferenciado.
Artículo 42	Los generadores podrán contratar empresas autorizadas para el manejo de residuos peligrosos y deberán verificar que sus autorizaciones estén vigentes.	La recolección, transporte, tratamiento y disposición final de los residuos peligrosos se encomendará únicamente a prestadores autorizados por la SEMARNAT. Se conservarán sus autorizaciones, manifiestos de entrega, transporte y recepción y demás comprobantes.

Artículo	Texto legal normativo	Vinculación con el proyecto
Artículos 43 a 48	Establecen la obligación de identificar la categoría del generador y cumplir las obligaciones de registro, bitácora y planes de manejo correspondientes.	El promovente o la empresa constructora determinará su categoría con base en la cantidad anual de residuos peligrosos generados. Se realizará el registro correspondiente y se cumplirán las obligaciones aplicables a microgeneradores, pequeños generadores o grandes generadores.
Artículo 45	Los generadores deberán identificar, clasificar y manejar sus residuos peligrosos conforme a la Ley, su Reglamento y las normas oficiales mexicanas.	Antes de su almacenamiento se identificarán las características de los residuos y se utilizarán recipientes compatibles, cerrados, etiquetados y en condiciones que eviten fugas. Al concluir la obra, las áreas temporales quedarán libres de residuos y contaminación.
Artículo 54	Se deberá evitar la mezcla de residuos peligrosos con otros materiales o residuos para prevenir reacciones y riesgos para la salud y el ambiente.	Los residuos peligrosos no se mezclarán entre sí cuando sean incompatibles ni con residuos sólidos urbanos, residuos de construcción, suelo, agua o materiales reciclables.
Artículos 55 y 56	Regulan el manejo de envases contaminados y el almacenamiento de residuos peligrosos, prohibiendo su almacenamiento por un periodo mayor de seis meses.	Los envases que hayan contenido combustibles, lubricantes, pinturas o sustancias peligrosas se manejarán como residuos peligrosos cuando corresponda. El almacenamiento temporal se realizará en un área acondicionada y no excederá de seis meses.
Artículos 68 y 69	Quien contamine un sitio mediante materiales o residuos peligrosos estará obligado a reparar el daño y ejecutar las acciones de remediación correspondientes.	En caso de derrame se aplicarán inmediatamente medidas de contención, recuperación y limpieza. Si se produce contaminación del suelo, cauce o zona federal del río Carrizal, se realizará la caracterización y remediación conforme a las disposiciones aplicables.
Artículo 100	Contempla prohibiciones como verter residuos en vías públicas, drenajes, cuerpos de agua y sitios no autorizados, así como incinerarlos a cielo abierto.	Se prohibirá abandonar, enterrar, quemar o depositar residuos en el río Carrizal, su zona federal, alcantarillas, drenajes, predios colindantes o áreas no autorizadas.

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

El Reglamento desarrolla las disposiciones de la LGPGIR, principalmente las relacionadas con la identificación, clasificación, registro, almacenamiento, transporte, atención de emergencias y remediación vinculadas con residuos peligrosos. Fue publicado en el Diario Oficial de la Federación el 30 de noviembre de 2006 y su última reforma fue publicada el 31 de octubre de 2014.

Tabla 58. Vinculación con el Reglamento de la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos

Artículo	Texto legal normativo	Vinculación con el proyecto
Artículos 35 a 40	Establecen los criterios para identificar residuos peligrosos y señalan que las mezclas de residuos peligrosos con otros residuos o con suelo deberán manejarse conforme a su peligrosidad.	Los residuos generados por el mantenimiento de maquinaria, atención de derrames y manejo de combustibles se identificarán conforme a sus características y a las normas aplicables. El suelo contaminado con aceites o combustibles se segregará y manejará como residuo peligroso.

Artículo	Texto legal normativo	Vinculación con el proyecto
Artículo 42	Clasifica a los generadores como grandes, pequeños o microgeneradores con base en la cantidad anual de residuos peligrosos generados.	La categoría de la obra se determinará mediante la cuantificación anual: gran generador, a partir de diez toneladas; pequeño generador, más de 400 kilogramos y menos de diez toneladas, y microgenerador, hasta 400 kilogramos anuales.
Artículo 43	Establece el procedimiento para el registro de las personas obligadas como generadoras de residuos peligrosos.	Cuando resulte aplicable, el promovente o la empresa constructora realizará el registro ante la SEMARNAT e identificará los sitios y actividades en los que se generen residuos peligrosos.
Artículo 46	Obliga a identificar, separar, envasar, etiquetar, almacenar y transportar adecuadamente los residuos peligrosos.	Los residuos peligrosos se colocarán en recipientes compatibles y etiquetados con el nombre del residuo, sus características de peligrosidad, datos del generador y fecha de ingreso al almacén. Su transporte se realizará mediante empresas autorizadas.
Artículo 71	Establece el contenido de las bitácoras de los grandes y pequeños generadores de residuos peligrosos.	La bitácora registrará el nombre y cantidad del residuo, sus características de peligrosidad, área de generación, fechas de ingreso y salida del almacén, modalidad de manejo y prestador autorizado que lo reciba.
Artículo 82	Establece las condiciones de las áreas de almacenamiento de residuos peligrosos para pequeños y grandes generadores.	El almacén temporal estará separado de oficinas y áreas de servicio; tendrá piso impermeable, cubierta, ventilación, señalización, extintores, materiales de contención y dispositivos para evitar que los derrames lleguen al suelo, drenaje o río Carrizal. Se ubicará fuera de zonas susceptibles a inundación.
Artículo 83	Establece las condiciones para el almacenamiento de residuos peligrosos por microgeneradores.	Si la obra se clasifica como microgeneradora, los residuos se almacenarán en recipientes identificados y en un lugar que evite fugas, derrames, incendios, reacciones y transferencia de contaminantes al ambiente.
Artículo 84	Los residuos peligrosos captados y envasados deberán enviarse al almacén y no podrán permanecer en éste por más de seis meses.	Se programará su retiro periódico y se conservarán los comprobantes de entrega. Ningún residuo peligroso permanecerá almacenado por un periodo superior al permitido.
Artículos 85 y 86	Regulan la recolección y el transporte de residuos peligrosos y el uso del manifiesto correspondiente.	Por cada embarque se verificará el etiquetado y envasado y se elaborará el manifiesto de entrega, transporte y recepción. El original firmado por el destinatario se integrará al expediente ambiental del proyecto.
Artículo 87	Permite reutilizar determinados envases únicamente para el mismo tipo de material o para materiales compatibles, siempre que no liberen su contenido.	Los envases contaminados no se utilizarán para agua, alimentos o residuos incompatibles. Cuando no sean reutilizados conforme al Reglamento, se manejarán como residuos peligrosos.
Artículo 129	Para derrames accidentales de materiales o residuos peligrosos que no excedan de un metro cúbico deberán aplicarse medidas inmediatas de contención, recuperación y limpieza y registrarse el evento en la bitácora.	La obra contará con materiales absorbentes, recipientes y herramientas para atender derrames menores. El incidente, volumen, causa y medidas ejecutadas se registrarán en la bitácora ambiental.



Artículo	Texto legal normativo	Vinculación con el proyecto
Artículos 130 y 131	Los derrames mayores a un metro cúbico deberán contenerse, notificarse inmediatamente y formalizar el aviso dentro de los tres días hábiles siguientes.	Ante un derrame mayor se suspenderá la actividad, se contendrá la sustancia, se notificará a la PROFEPA y autoridades competentes y se realizarán la caracterización y remediación que correspondan.
Artículos 132 a 134	Regulan la formulación de programas de remediación cuando un sitio resulte contaminado por una emergencia o exista un pasivo ambiental.	Si un derrame ocasiona contaminación del suelo, subsuelo, cauce o zona federal, se formulará y ejecutará el programa de remediación con los estudios de caracterización, evaluación de riesgo y medidas de recuperación aplicables.

2.8.10. Ley General de Cambio Climático

La Ley General de Cambio Climático establece las bases para enfrentar los efectos adversos del cambio climático y regular las acciones de mitigación y adaptación. Fue publicada en el Diario Oficial de la Federación el 6 de junio de 2012 y su última reforma fue publicada el 1 de abril de 2024.
El Puente Carrizal se vincula con este ordenamiento por tratarse de infraestructura de transporte localizada en una planicie susceptible a inundaciones y por generar, durante su construcción, emisiones asociadas con maquinaria, vehículos, consumo de combustibles, energía y materiales.

Tabla 59. Vinculación con la Ley General de Cambio Climático

Artículo	Texto legal normativo	Vinculación con el proyecto
Artículo 2	La Ley tiene por objeto regular las acciones de mitigación y adaptación, reducir la vulnerabilidad de la población y los ecosistemas y promover una economía sustentable, baja en emisiones y resiliente.	El diseño y construcción del puente incorporarán medidas para reducir emisiones y fortalecer su resistencia frente a lluvias intensas, inundaciones, avenidas extraordinarias y procesos de socavación asociados con el río Carrizal.
Artículo 26	La política climática observará los principios de sustentabilidad, corresponsabilidad, precaución, prevención, responsabilidad ambiental, conservación de ecosistemas y progresividad.	Las obras se ejecutarán bajo criterios preventivos. Se controlarán emisiones, residuos, derrames y afectaciones al cauce, y se aplicarán medidas de restauración y compensación cuando correspondan.
Artículo 27	La adaptación tiene como objetivos reducir la vulnerabilidad, fortalecer la resiliencia y minimizar riesgos y daños considerando escenarios climáticos actuales y futuros.	Los estudios hidrológicos, hidráulicos, geotécnicos y de socavación sustentarán el diseño de cimentaciones, pilas, estribos, drenaje y protecciones. Se considerarán eventos extraordinarios y condiciones de inundación para garantizar la estabilidad de la infraestructura.
Artículo 28	Las acciones de adaptación deberán considerar, entre otros ámbitos, la gestión del riesgo, los recursos hídricos, la infraestructura de transporte, los asentamientos humanos y el desarrollo urbano.	El proyecto constituye infraestructura de transporte vinculada directamente con la gestión del río Carrizal. Su diseño conservará la capacidad hidráulica y la conectividad urbana sin incrementar la vulnerabilidad de las colonias y predios próximos.
Artículo 29	Reconoce como acciones de adaptación las relacionadas con asentamientos humanos, ecosistemas, recursos hídricos, infraestructura estratégica y prevención de riesgos.	La ubicación, geometría, elevación, drenaje y protección de las cimentaciones se definirán considerando las condiciones hidráulicas de la planicie Grijalva-Carrizal y los instrumentos de gestión de riesgos aplicables.

Artículo 33	Establece como objetivos de mitigación reducir emisiones, promover tecnologías bajas en carbono, medir y verificar emisiones e incrementar el transporte público eficiente y sustentable.	Durante la obra se controlará el consumo de combustibles y se dará mantenimiento a maquinaria y vehículos. En operación, el puente fortalecerá la conectividad del sistema vial y su integración con el transporte público proyectado para Villahermosa.
Artículo 34	Establece acciones para reducir emisiones en el sector transporte, como sistemas integrales de transporte público, movilidad sustentable y reducción de tiempos de traslado y consumo energético.	La integración del puente con la red vial permitirá mejorar la continuidad de los recorridos y reducir puntos de congestión. Se procurará que su operación favorezca el transporte colectivo, la movilidad peatonal y la conectividad urbana.
Artículos 87 y 88	Regulan el Registro Nacional de Emisiones y obligan a las fuentes sujetas a reporte a proporcionar información sobre sus emisiones directas e indirectas.	Se cuantificarán las emisiones generadas por el consumo de combustibles y energía. Si la empresa responsable actualiza los sectores, actividades y umbrales establecidos en el Reglamento, presentará el reporte correspondiente ante la SEMARNAT.

2.8.11. Reglamento de la Ley General de Cambio Climático en Materia del Registro Nacional de Emisiones

El Reglamento fue publicado en el Diario Oficial de la Federación el 28 de octubre de 2014 y regula la identificación de los establecimientos sujetos a reporte, los gases y compuestos de efecto invernadero, el umbral de reporte y los procedimientos de medición, presentación y verificación de la información.

Tabla 60. Vinculación con el Reglamento de la Ley General de Cambio Climático en Materia del Registro Nacional de Emisiones

Artículo	Texto legal normativo	Vinculación con el proyecto
Artículo 2	Define las emisiones directas e indirectas, fuentes fijas, fuentes móviles y establecimientos sujetos a reporte.	La maquinaria, vehículos y equipos de combustión utilizados en la obra constituyen fuentes móviles de emisiones. El consumo de electricidad genera emisiones indirectas que deberán considerarse al determinar la aplicabilidad del Registro.
Artículo 3	Identifica los sectores sujetos a reporte, incluidos transporte y comercio y servicios, dentro del cual se encuentra el subsector construcción.	La construcción del Puente Carrizal se relaciona con el subsector construcción. La aplicabilidad del reporte dependerá de que la persona responsable y sus establecimientos alcancen el umbral reglamentario.
Artículo 4	Incluye como actividades del subsector construcción las vías de comunicación, obras de ingeniería civil, cimentaciones, montaje de estructuras e instalaciones y equipamiento.	Las cimentaciones, pilas, estribos, superestructura, accesos y obras complementarias del puente corresponden a actividades expresamente incluidas en el subsector construcción.
Artículo 5	Identifica los gases y compuestos sujetos a reporte, como bióxido de carbono, metano, óxido nitroso y carbono negro.	En la construcción se generarán principalmente bióxido de carbono, óxido nitroso y carbono negro por la combustión de diésel y gasolina en maquinaria, vehículos y equipos.
Artículo 6	Establece un umbral anual igual o superior a 25,000 toneladas de dióxido de carbono equivalente para presentar el reporte.	Se cuantificarán las emisiones directas e indirectas de las actividades e instalaciones que deban agregarse conforme al Reglamento. Si el resultado anual alcanza o supera 25,000

Artículo	Texto legal normativo	Vinculación con el proyecto
		toneladas de CO_2 equivalente, se presentará el reporte correspondiente.
Artículos 7 y 8	Regulan las metodologías para medir, calcular o estimar emisiones mediante factores de emisión, medición directa u otros procedimientos reconocidos.	Las emisiones se estimarán a partir del consumo de combustibles, horas de operación, tipo de maquinaria y consumo eléctrico, aplicando los factores y metodologías publicados por la SEMARNAT.
Artículos 9 y 10	Establecen las obligaciones de identificar fuentes, cuantificar emisiones, reportarlas anualmente y conservar la documentación durante cinco años.	Si se actualiza la obligación de reporte, se integrará un inventario de maquinaria, vehículos, combustibles, electricidad y demás fuentes y se conservarán facturas, registros de consumo, cálculos y documentación de respaldo.
Artículo 12	El reporte se presentará mediante la Cédula de Operación Anual entre el 1 de marzo y el 30 de junio respecto del año inmediato anterior.	Cuando se alcance el umbral aplicable, la persona responsable presentará la Cédula de Operación Anual dentro del periodo establecido y atenderá los requerimientos de aclaración o complementación.
Artículos 16 y 17	Los establecimientos sujetos a reporte deberán adjuntar cada tres años un dictamen de verificación emitido por un organismo acreditado y aprobado.	Si el proyecto o el establecimiento queda sujeto al Registro, la información se verificará con la periodicidad y mediante el organismo autorizado que establece el Reglamento.

2.8.12. Ley Federal de Responsabilidad Ambiental

La Ley Federal de Responsabilidad Ambiental regula la responsabilidad derivada de los daños ocasionados al ambiente, así como su reparación y compensación. Fue publicada en el Diario Oficial de la Federación el 7 de junio de 2013 y su última reforma fue publicada el 14 de noviembre de 2025.

Tabla 61. Vinculación con la Ley Federal de Responsabilidad Ambiental

Artículo	Texto legal normativo	Vinculación con el proyecto
Artículos 1 y 2	Regulan la responsabilidad ambiental y definen el daño al ambiente como la afectación adversa y mensurable de hábitats, ecosistemas, recursos naturales y servicios ambientales.	El promovente reconoce que los daños al río Carrizal, su calidad de agua, vegetación, fauna, suelo o funcionalidad hidráulica pueden generar responsabilidad independiente de las sanciones administrativas o penales aplicables.
Artículo 6	No se considerarán adversas las afectaciones expresamente identificadas, evaluadas, mitigadas, compensadas y autorizadas previamente, siempre que se cumplan las condiciones de la autorización.	La Manifestación de Impacto Ambiental, modalidad regional, identificará y evaluará las obras, superficies e impactos del puente. La excepción únicamente operará respecto de impactos autorizados y cuando se cumplan íntegramente las condicionantes de la SEMARNAT.
Artículo 10	Quien ocasione directa o indirectamente un daño al ambiente deberá repararlo o, cuando no sea posible, compensarlo, además de evitar que el daño se incremente.	Ante cualquier afectación no autorizada se suspenderá la actividad causante, se evitará su propagación y se ejecutarán las medidas de contención, reparación, restauración o compensación correspondientes.
Artículo 11	La responsabilidad subjetiva nace de actos u omisiones ilícitos, incluida la contravención de leyes, normas, autorizaciones, licencias, permisos o concesiones.	El promovente y los contratistas cumplirán la autorización ambiental, los permisos de la CONAGUA y las disposiciones sobre residuos, vida silvestre y arbolado. La ejecución fuera

		de las superficies o condiciones autorizadas podrá generar responsabilidad.
Artículo 12	La responsabilidad será objetiva cuando el daño derive de materiales o residuos peligrosos, actividades altamente riesgosas u otros supuestos establecidos legalmente.	Los derrames de combustibles, aceites o residuos peligrosos podrán generar responsabilidad aun sin acreditarse una conducta dolosa. Por ello se aplicarán medidas estrictas de almacenamiento, mantenimiento, contención y respuesta a emergencias.
Artículo 13	La reparación consiste en restituir al estado base los hábitats, ecosistemas, elementos naturales y servicios ambientales afectados.	Cuando se produzca un daño, la reparación se realizará en el sitio mediante limpieza, recuperación del suelo, restauración de la vegetación, rehabilitación del cauce o las acciones necesarias para restablecer sus condiciones anteriores.
Artículos 14 a 17	La compensación procede excepcionalmente cuando la reparación sea material o técnicamente imposible y deberá generar una mejora ambiental equivalente.	Se priorizará la reparación directa. Si ésta no es posible, se aplicarán medidas compensatorias equivalentes en el mismo ecosistema o región ecológica vinculada con el río Carrizal y en beneficio de la comunidad afectada.
Artículos 24 y 25	Las personas morales responden por los daños causados por sus representantes, empleados y contratistas y por la omisión de impedir un daño cuando exista el deber jurídico de evitarlo.	Las obligaciones ambientales se incorporarán a los contratos de obra y serán supervisadas por el promovente. La contratación de terceros no lo eximirá de vigilar el cumplimiento ni de responder solidariamente cuando corresponda.

2.8.13. Ley Federal sobre Monumentos y Zonas Arqueológicos, Artísticos e Históricos

Esta Ley tiene por objeto la investigación, protección, conservación, restauración y recuperación de los monumentos arqueológicos, artísticos e históricos y de las zonas de monumentos. Fue publicada en el Diario Oficial de la Federación el 6 de mayo de 1972 y su última reforma fue publicada el 14 de noviembre de 2025.

Tabla 62. Vinculación con la Ley Federal sobre Monumentos y Zonas Arqueológicos, Artísticos e Históricos

Artículo	Texto legal normativo	Vinculación con el proyecto
Artículos 27 y 28	Los monumentos arqueológicos muebles e inmuebles son propiedad de la Nación, inalienables e imprescriptibles, y comprenden los bienes producto de culturas anteriores al establecimiento de la hispánica.	Aunque no se tienen identificados monumentos arqueológicos dentro de la superficie del proyecto, las excavaciones para cimentaciones, pilas, estribos y accesos podrían revelar vestigios no registrados, los cuales serán considerados bienes de la Nación.
Artículo 28 Bis	Las disposiciones sobre monumentos arqueológicos también resultan aplicables a vestigios o restos fósiles con interés paleontológico.	El protocolo de hallazgos fortuitos comprenderá restos fósiles o paleontológicos que pudieran identificarse durante las excavaciones profundas.
Artículo 29	Quien encuentre bienes arqueológicos deberá dar aviso a la autoridad civil más cercana, la cual informará al INAH dentro de las 24 horas siguientes.	Ante un hallazgo se suspenderán inmediatamente los trabajos en el punto, se delimitará y protegerá el sitio y se notificará al INAH y a la autoridad correspondiente. Los

Artículo	Texto legal normativo	Vinculación con el proyecto
		objetos no serán removidos, manipulados ni trasladados por el personal de obra.
Artículos 30 y 31	Los trabajos para descubrir o explorar monumentos arqueológicos sólo podrán ser realizados por el INAH o instituciones autorizadas y bajo las condiciones que éste establezca.	El personal del proyecto no realizará excavaciones exploratorias ni recuperación de vestigios. Cualquier investigación, rescate o salvamento arqueológico será ejecutado o autorizado por el INAH.
Artículo 32	El INAH podrá suspender trabajos ejecutados sin autorización en monumentos o zonas arqueológicas.	Si se identifica un vestigio, se mantendrá suspendido el frente involucrado hasta que el INAH realice la inspección y determine las medidas de protección, rescate o liberación aplicables.
Artículos 42 y 43	Las construcciones permanentes o provisionales dentro de zonas de monumentos se sujetarán a la Ley y requerirán autorización previa del Instituto competente.	Se verificará si las superficies del puente coinciden con monumentos o zonas declaradas. Si se determina alguna incidencia, se obtendrá la autorización del INAH antes de ejecutar las obras correspondientes.
Artículo 44	El INAH es competente en materia de monumentos y zonas arqueológicos e históricos.	La coordinación institucional, los avisos de hallazgo y las autorizaciones que correspondan se tramitarán ante el INAH.
Artículos 47 y 52	Sancionan la exploración arqueológica no autorizada y el daño, alteración o destrucción de monumentos arqueológicos, artísticos o históricos.	Se capacitará al personal para reconocer posibles vestigios y se prohibirá su extracción, apropiación, alteración o destrucción. El incumplimiento será comunicado a las autoridades competentes.

2.8.14. Código Penal Federal

El Código Penal Federal tipifica, entre otras conductas, los delitos contra el ambiente y la gestión ambiental. Fue publicado en el Diario Oficial de la Federación el 14 de agosto de 1931 y su última reforma fue publicada el 13 de marzo de 2026.

Tabla 63. Vinculación con el Código Penal Federal

Artículo	Texto legal normativo	Vinculación con el proyecto
Artículo 414	Sanciona el manejo ilícito o sin medidas de prevención de sustancias peligrosas que cause o pueda causar daño a los recursos naturales, agua, suelo, flora, fauna o ecosistemas.	Los combustibles, aceites y sustancias químicas se almacenarán y manejarán en áreas acondicionadas. Se contará con contención secundaria, materiales absorbentes, procedimientos de respuesta y personal capacitado para prevenir daños.
Artículo 415	Sanciona determinadas emisiones de gases, humos, polvos, ruido, vibraciones, energía térmica o lumínica provenientes de fuentes de competencia federal cuando ocasionen daño o riesgo ambiental.	Se dará mantenimiento a maquinaria y equipos, se controlará el polvo mediante riego y cobertura de materiales y se restringirán el ruido y la iluminación a las áreas y horarios indispensables.
Artículo 416	Sanciona la descarga, depósito o infiltración ilícita de aguas residuales, líquidos, desechos o contaminantes en ríos, cuencas y demás	Se prohibirá cualquier descarga o depósito de concreto, lechadas, sedimentos, combustibles, aceites, residuos o aguas residuales en el río Carrizal. Los sanitarios portátiles serán atendidos por prestadores autorizados.

Artículo	Texto legal normativo	Vinculación con el proyecto
	corrientes de competencia federal cuando causen daño o riesgo.	
Artículo 420	Sanciona la captura, daño, posesión, transporte o tráfico ilícito de especies de flora y fauna en veda, endémicas, amenazadas, en peligro o sujetas a protección especial.	Se prohibirá la captura, caza, extracción, daño o comercialización de flora y fauna. Antes de intervenir cada frente se realizarán recorridos y, cuando sea necesario, acciones de ahuyentamiento, rescate y reubicación por personal capacitado.
Artículo 420 Bis	Sanciona el daño, desecación o relleno ilícito de humedales, manglares, lagunas, esteros o pantanos, así como la liberación de especies exóticas perjudiciales.	Las obras se limitarán a las superficies autorizadas y no se realizarán rellenos, desecaciones o modificaciones de humedales fuera de la huella aprobada. Se conservará la funcionalidad hidráulica del río y no se liberarán especies exóticas.
Artículo 420 Quáter	Sanciona el transporte de residuos peligrosos hacia destinos no autorizados, la incorporación de datos falsos en registros ambientales, la destrucción de documentos y el incumplimiento de medidas técnicas o de seguridad.	Los residuos peligrosos se entregarán a transportistas y destinos autorizados. Las bitácoras, manifiestos, informes y registros contendrán información veraz y se conservarán durante los plazos aplicables. Se cumplirán las medidas correctivas o de seguridad ordenadas por la autoridad.
Artículo 421	Además de las penas aplicables, contempla la reparación o compensación del daño y la suspensión, modificación o demolición de las obras que hayan dado lugar al delito ambiental.	El promovente mantendrá un sistema de supervisión para prevenir conductas ilícitas. Si se ocasiona un daño, se ejecutarán las acciones de reparación o compensación correspondientes, sin perjuicio de las responsabilidades administrativas o penales.
Artículo 422	Aumenta la pena cuando el autor o partícipe tenga la calidad de garante respecto de los bienes ambientales protegidos.	Los responsables de obra, supervisores y encargados ambientales deberán cumplir y hacer cumplir las medidas de protección. Su función implica prevenir y reportar oportunamente actos que puedan causar daños al ambiente.

2.8.15. Ley de Protección Ambiental del Estado de Tabasco

La Ley de Protección Ambiental del Estado de Tabasco tiene por objeto regular las actividades que puedan incidir sobre el ambiente y establecer los instrumentos para prevenir, mitigar, controlar, reparar o compensar los daños ambientales. Sus disposiciones resultan aplicables al proyecto en las materias de competencia estatal y municipal, particularmente en lo relacionado con el ordenamiento ecológico, residuos de manejo especial, emisiones, ruido, protección del agua, prevención de riesgos y cumplimiento de las medidas ambientales.

El “Proyecto Integral Villahermosa 2030, Puente Carrizal” comprende la construcción de infraestructura vial sobre el río Carrizal, incluyendo accesos, cimentaciones, pilas, estribos, superestructura, obras hidráulicas, drenaje y superficies de ocupación temporal y permanente. Debido a su incidencia sobre un cauce y zona federal, el proyecto se somete al procedimiento federal de evaluación del impacto ambiental mediante una Manifestación de Impacto Ambiental, modalidad regional, ante la SEMARNAT. Ello no excluye el cumplimiento de las disposiciones estatales y municipales aplicables a los componentes y actividades comprendidos dentro de sus respectivos ámbitos de competencia.

Tabla 64. Vinculación con la Ley de Protección Ambiental del Estado de Tabasco

Artículo	Texto legal normativo	Vinculación con el proyecto
Artículos 1, 24 y 25	La Ley tiene por objeto proteger el ambiente mediante instrumentos de política ambiental. Considera daño ambiental, entre otros supuestos, la contaminación, el manejo inadecuado de residuos, la realización de actividades riesgosas y la ejecución de obras sin las autorizaciones correspondientes. Entre los instrumentos preventivos se encuentran la evaluación del impacto ambiental, el ordenamiento ecológico, el control de la contaminación y el manejo del riesgo ambiental.	El proyecto se somete a evaluación ambiental mediante una MIA regional y aplicará medidas de prevención, mitigación, compensación, restauración y seguimiento para evitar daños al río Carrizal, su vegetación ribereña, fauna, suelo y calidad del agua. Asimismo, obtendrá las autorizaciones federales, estatales y municipales que correspondan antes de iniciar las obras.
Artículos 33, 35, 36, 45 y 46	El ordenamiento ecológico es obligatorio y sirve de base para los proyectos de desarrollo. Sus disposiciones deben observarse en las autorizaciones ambientales, en los proyectos y ejecución de obras y en los programas de desarrollo urbano.	El proyecto observará las políticas, lineamientos, estrategias y criterios ecológicos del POERET aplicables a las UGA en las que se localicen sus componentes. La construcción se limitará a las superficies autorizadas y atenderá las disposiciones relativas a vegetación, fauna, suelo, escurrimientos, cuerpos de agua, residuos, emisiones y riesgos.
Artículos 104 y 105	Establecen criterios para el aprovechamiento sustentable del agua, el ahorro y uso eficiente, la captación de agua pluvial, la prevención de la contaminación y la protección de los ecosistemas acuáticos.	El diseño y construcción del puente conservarán la capacidad hidráulica y la continuidad del río Carrizal. Las pilas, cimentaciones, obras provisionales y accesos se ejecutarán conforme a los estudios hidrológicos, hidráulicos y de socavación, evitando obstrucciones, represamientos y modificaciones innecesarias al cauce.
Artículos 113 a 117	Regulan el procedimiento estatal de evaluación del impacto ambiental. El artículo 114 incluye obras públicas estatales y municipales, obras hidráulicas y vías de comunicación estatales. Las obras de competencia estatal deben obtener la autorización o determinación correspondiente antes de su ejecución.	La obra principal que incide sobre el cauce y zona federal del río Carrizal se evalúa mediante una MIA regional ante la SEMARNAT. Adicionalmente, se obtendrá de la autoridad ambiental estatal la determinación o autorización que corresponda para los accesos, instalaciones, obras auxiliares y demás componentes sujetos a competencia local, evitando duplicar materias reservadas a la Federación.
Artículos 123, 125 y 126	La resolución ambiental puede establecer condicionantes y medidas adicionales. Los responsables pueden contar con supervisión ambiental y la autorización ambiental es independiente de la factibilidad de uso del suelo y de la licencia de construcción.	El promovente cumplirá las condicionantes que establezcan las autoridades competentes y contará con supervisión ambiental durante la preparación del sitio y construcción. La autorización ambiental no sustituirá las licencias urbanas, dictámenes de riesgo, permisos de construcción, autorizaciones hidráulicas ni los actos requeridos para ocupar el cauce, riberas o zona federal.
Artículos 147 y 149 a 154	Prohíben la quema no autorizada de residuos y las emisiones de ruido, vibraciones, energía lumínica u otras formas de contaminación que rebasen los límites	Se prohibirá la quema de residuos. La maquinaria y los equipos recibirán mantenimiento preventivo; se controlará el polvo mediante riego y cobertura de materiales; las actividades ruidosas se realizarán en

Artículo	Texto legal normativo	Vinculación con el proyecto
	permisibles. Las obras deben implementar acciones preventivas y correctivas.	horarios autorizados y se emplearán dispositivos de control cuando sean necesarios. La iluminación nocturna se orientará hacia las áreas de trabajo para evitar dispersión hacia el río y predios colindantes.
Artículos 155 a 159	Establecen criterios para prevenir la contaminación de cuerpos de agua, sistemas de drenaje y ecosistemas acuáticos. Las descargas de aguas residuales deberán tratarse y cumplir los límites máximos permisibles aplicables.	No se permitirá la descarga de aguas residuales, lechadas, concreto, sedimentos, combustibles, aceites o residuos al río Carrizal ni al drenaje pluvial. Las áreas de almacenamiento estarán acondicionadas y alejadas del cauce; se instalarán barreras para sedimentos y se contará con materiales para atender derrames.
Artículos 164 a 182	Regulan la prevención, separación, almacenamiento, transporte, valorización y disposición de residuos de manejo especial y sólidos urbanos. Los residuos de construcción y demolición pueden estar sujetos a planes de manejo, registro, bitácoras y manifiestos.	Los residuos de excavación, demolición, concreto, acero, madera, embalajes y demás residuos de obra se separarán desde su generación. Se acondicionarán áreas de almacenamiento temporal y se utilizarán transportistas, centros de aprovechamiento y sitios de disposición autorizados. Se conservarán bitácoras, manifiestos y comprobantes de entrega y recepción.
Artículo 188	Las aguas residuales provenientes de baños portátiles deben entregarse a plantas de tratamiento mediante prestadores autorizados. Se prohíbe descargarlas sin tratamiento en drenajes, cuerpos de agua o terrenos.	Los servicios sanitarios del personal se proporcionarán mediante sanitarios portátiles. Su limpieza, mantenimiento y retiro serán realizados por empresas autorizadas, conservando los comprobantes correspondientes. No se efectuarán descargas al río Carrizal, al suelo ni al drenaje pluvial.
Artículos 205, 208 y 214	Regulan el manejo del riesgo ambiental, los estudios de riesgo, planes de contingencia y las acciones coordinadas para atender emergencias ambientales.	El proyecto contará con procedimientos de respuesta ante avenidas extraordinarias, inundaciones, derrames, incendios, accidentes, fallas de maquinaria y eventos meteorológicos. El almacenamiento de combustibles y sustancias se realizará en áreas impermeables y con contención secundaria. El plan de emergencias se coordinará con protección civil y con las autoridades responsables del río.

2.8.16. Ley de Obras Públicas y Servicios Relacionados con las Mismas del Estado de Tabasco

La Ley de Obras Públicas y Servicios Relacionados con las Mismas del Estado de Tabasco regula la planeación, programación, presupuestación, contratación, ejecución, conservación, mantenimiento y control de las obras públicas realizadas por las dependencias y entidades estatales y municipales.

El Puente Carrizal constituye una obra pública destinada al uso común y a la prestación de un servicio público de movilidad. En consecuencia, su proyecto ejecutivo, contratación, construcción, supervisión, recepción y posterior conservación deberán sujetarse a esta Ley, además de cumplir las disposiciones ambientales, hidráulicas, urbanas, estructurales y de protección civil aplicables.

Tabla 65. Vinculación con la Ley de Obras Públicas y Servicios Relacionados con las Mismas del Estado de Tabasco

Artículo	Texto legal normativo	Vinculación con el proyecto
Artículos 1 y 3	La Ley regula el gasto y las acciones relativas a la planeación, programación, presupuestación, contratación, ejecución, conservación, mantenimiento y control de la obra pública. Se considera obra pública la construcción, reconstrucción, modificación o mantenimiento de bienes inmuebles e infraestructura destinados a un servicio público o al uso común.	El Puente Carrizal, sus accesos, cimentaciones, pilas, estribos, superestructura, drenaje, señalización, iluminación y obras complementarias constituyen infraestructura destinada al uso público, por lo que su ejecución se sujetará a los procedimientos y controles previstos por la Ley.
Artículo 4	Considera servicios relacionados con las obras públicas los trabajos de diseño, cálculo, estudios técnicos, topografía, mecánica de suelos, estudios ambientales, ingeniería de tránsito, supervisión, control y verificación de obra.	La integración del proyecto comprende estudios topográficos, geotécnicos, hidrológicos, hidráulicos, de socavación, estructurales, ambientales, de tránsito y movilidad. Estos estudios forman parte del soporte técnico para el diseño, contratación, construcción y supervisión del puente.
Artículo 19	La planeación debe atender los planes de desarrollo, los programas urbanos y territoriales, las características ambientales, climáticas y geográficas, la accesibilidad, los impactos ambientales y las medidas de restitución. Las obras próximas a cuerpos de agua o ubicadas en zonas vulnerables a inundaciones deben considerar estudios de factibilidad y soluciones compatibles con dichas condiciones.	La planeación del puente considera su ubicación sobre el río Carrizal, la planicie aluvial de Villahermosa y la susceptibilidad regional a inundaciones. El diseño se sustentará en estudios hidrológicos, hidráulicos, geotécnicos y de socavación, garantizando gálibos, capacidad hidráulica, estabilidad estructural y resistencia ante avenidas extraordinarias.
Artículo 21	La programación de las obras debe prever los estudios y proyectos de ingeniería, especificaciones, cuantificaciones, presupuesto, normas ecológicas, solución de interferencias, obras inducidas y condiciones ambientales e hidroclimatológicas.	Antes de iniciar la construcción se contará con el proyecto ejecutivo, catálogo de conceptos, especificaciones, programa de ejecución y presupuesto. También se identificarán redes de agua, drenaje, energía y telecomunicaciones, coordinando su protección o reubicación con los organismos responsables.
Artículo 22	Las obras deben observar las disposiciones en materia de asentamientos humanos, desarrollo urbano y construcción. Previamente deberán obtenerse dictámenes, permisos, licencias, autorizaciones, derechos de vía y derechos sobre los inmuebles necesarios.	El promovente obtendrá las autorizaciones ambientales, urbanas, constructivas, hidráulicas y de protección civil aplicables. Asimismo, acreditará la disponibilidad de las superficies de ocupación permanente y temporal y gestionará ante la CONAGUA los permisos o concesiones relacionados con el cauce, riberas y zona federal del río Carrizal.
Artículo 23	Las dependencias y entidades deben considerar los efectos ambientales de la obra con sustento en los estudios de impacto ambiental e incluir las acciones necesarias para preservar o restituir las condiciones ambientales.	La MIA regional identifica los impactos de la construcción del puente sobre el agua, suelo, vegetación, fauna, paisaje, movilidad y población. El proyecto incorporará medidas de prevención, mitigación, compensación, restauración y seguimiento, así como las condicionantes que establezcan la SEMARNAT y demás autoridades competentes.
Artículo 25	Las obras podrán licitarse, adjudicarse o ejecutarse una vez que cuenten con recursos autorizados, estudios,	La contratación de las obras se realizará una vez integrados los estudios, proyecto ejecutivo, especificaciones y recursos presupuestales. La



Artículo	Texto legal normativo	Vinculación con el proyecto
	proyectos, normas, especificaciones, presupuesto y programa de ejecución suficientes.	documentación deberá permitir definir con claridad los procedimientos constructivos, materiales, controles de calidad, medidas ambientales y plazos de ejecución.
Artículo 49	Los contratos deben contener el precio, plazo, garantías, descripción de los trabajos, proyectos, planos, especificaciones, programas y presupuestos. El contrato, sus anexos y la bitácora vinculan a las partes.	El contrato del puente incorporará el proyecto ejecutivo, planos estructurales e hidráulicos, programa de obra, especificaciones de calidad, obligaciones ambientales, medidas de seguridad, procedimientos de construcción, manejo de residuos y mecanismos de supervisión y control.
Artículo 56	Las dependencias y entidades deben establecer la residencia y supervisión de obra antes de iniciar los trabajos. El contratista debe designar un superintendente con conocimientos y experiencia acreditables.	Se contará con residencia, supervisión técnica y supervisión ambiental en el sitio. Estas instancias verificarán la calidad de materiales, cimentaciones, elementos estructurales, cumplimiento del programa, seguridad, protección del río, manejo de residuos y atención de las condicionantes ambientales.
Artículos 67 a 69	Regulan la terminación, verificación, recepción física, finiquito, registro de bienes y garantías por defectos, vicios ocultos y responsabilidades derivadas de los trabajos.	Al concluir las obras se verificará su correcta ejecución y se levantará el acta de entrega-recepción. El contratista entregará planos finales, pruebas de calidad, manuales de operación y mantenimiento, registros ambientales y las garantías correspondientes por defectos o vicios ocultos.
Artículos 70 a 72	El contratista es responsable de ejecutar los trabajos conforme a las disposiciones de construcción, seguridad, uso de la vía pública y protección ambiental. Las dependencias deben recibir la obra en condiciones de operación y mantenerla en niveles adecuados de funcionamiento.	El contratista deberá cumplir la normativa técnica, ambiental, urbana, laboral y de seguridad. Una vez concluido el puente, la entidad responsable implementará programas de inspección y mantenimiento de la estructura, apoyos, juntas, pavimentos, drenaje, señalización, iluminación y protecciones hidráulicas.

2.8.17. Ley de Asentamientos Humanos, Ordenamiento Territorial y Desarrollo Urbano del Estado de Tabasco

La Ley de Asentamientos Humanos, Ordenamiento Territorial y Desarrollo Urbano del Estado de Tabasco establece las bases para ordenar el uso del territorio, regular los centros de población y asegurar la congruencia de las acciones urbanísticas con los programas de desarrollo urbano, la zonificación, la movilidad, la accesibilidad universal, la gestión del riesgo y la protección ambiental.

El Puente Carrizal constituye una acción urbanística pública y una obra de infraestructura vial que deberá integrarse a la estructura urbana y metropolitana de Villahermosa. Su ejecución estará sujeta a los programas estatales, municipales y parciales de desarrollo urbano aplicables, así como a las autorizaciones de construcción, uso del suelo, riesgo, impacto urbano y ocupación del espacio público que correspondan.

Tabla 66. Vinculación con la Ley de Asentamientos Humanos, Ordenamiento Territorial y Desarrollo Urbano del Estado de Tabasco

Artículo	Texto legal normativo	Vinculación con el proyecto
Artículos 1, 5 y 6	La Ley regula el ordenamiento territorial y los asentamientos humanos. La planeación debe observar los principios de coherencia, sustentabilidad ambiental, resiliencia, seguridad urbana, accesibilidad universal, movilidad, productividad y protección del espacio público.	El puente mejorará la conectividad entre sectores urbanos, reducirá discontinuidades de la red vial y fortalecerá la movilidad metropolitana. Su diseño incorporará seguridad vial, accesibilidad, drenaje, iluminación, protección del río y medidas para reducir la vulnerabilidad ante inundaciones.
Artículo 7	Declara de utilidad pública la ejecución de obras de infraestructura, equipamiento, servicios urbanos y metropolitanos, así como las destinadas a la movilidad y a la atención de riesgos derivados del cambio climático y fenómenos naturales.	El Puente Carrizal constituye infraestructura pública de movilidad y conectividad. Las superficies necesarias para accesos, apoyos y obras complementarias deberán obtenerse mediante los actos jurídicos correspondientes, respetando los derechos de propiedad y las disposiciones sobre cauce y zona federal.
Artículos 34 a 38	La planeación territorial se instrumenta mediante programas estatales, regionales, metropolitanos, municipales y parciales. Estos instrumentos son obligatorios, deben guardar congruencia y considerar el ordenamiento ecológico, los atlas de riesgos y los dictámenes de protección civil.	El proyecto observará el PEOTDU, el POERET, los programas municipales y los programas parciales vigentes. Debido a su localización en una planicie aluvial y sobre el río Carrizal, se obtendrá el dictamen de riesgo y se aplicarán las medidas derivadas de los estudios hidrológicos, hidráulicos, geotécnicos y de socavación.
Artículos 56 a 58 y 61	Los programas parciales determinan la zonificación primaria y secundaria y vinculan los programas urbanos con los proyectos ejecutivos. Una vez publicados e inscritos, los programas son obligatorios para las autoridades y particulares.	Los accesos y componentes urbanos del puente deberán ser compatibles con la zonificación y los destinos establecidos en los programas parciales aplicables. Las obras se mantendrán dentro de las superficies autorizadas y no inducirán cambios de uso del suelo en los predios colindantes.
Artículos 65 a 70	Las áreas y predios de los centros de población están sujetos a los usos y destinos establecidos en los programas. Las autoridades deben verificar la congruencia de las obras con la zonificación, la infraestructura, los servicios, el espacio público y las zonas de riesgo.	Se acreditará que el puente y sus accesos corresponden a un destino de infraestructura vial y movilidad. La obra protegerá las redes existentes, garantizará la continuidad de los servicios urbanos y evitará la ocupación de áreas no autorizadas o de riesgo no mitigable.
Artículos 90 a 99	La zonificación regula los usos del suelo, destinos, compatibilidades, derechos de vía, restricciones, infraestructura y criterios de diseño vial. Los usos y destinos se acreditan mediante los dictámenes y certificaciones correspondientes.	Se tramitarán los dictámenes de uso del suelo, trazo, alineamiento, congruencia o los actos equivalentes que resulten procedentes. El proyecto respetará los derechos de vía, restricciones hidráulicas, zonas de protección y especificaciones de diseño urbano y vial.
Artículos 100 a 104	Las obras de infraestructura ubicadas en zonas de riesgo o que puedan representar riesgo deben contar con dictamen y estudios de prevención. Las redes de infraestructura vial e hidráulica deben incorporar medidas para prevenir riesgos geológicos e hidrometeorológicos.	El proyecto se sustenta en estudios hidrológicos, hidráulicos, geotécnicos, estructurales y de socavación. Las elevaciones, cimentaciones, apoyos, protecciones y drenaje se diseñarán considerando las avenidas extraordinarias, velocidades de flujo, erosión, estabilidad de márgenes e inundaciones.

Artículo	Texto legal normativo	Vinculación con el proyecto
Artículos 113 a 116	Las políticas de movilidad deben procurar accesibilidad universal, interconexión entre vialidades y medios de transporte, seguridad vial, prevención de accidentes y mejoramiento de la infraestructura.	El puente se integrará a la red vial existente mediante accesos, intersecciones, señalización, dispositivos de seguridad, iluminación y elementos para peatones y demás usuarios. El diseño procurará continuidad, accesibilidad universal y condiciones seguras durante su operación.
Artículos 117 y 118	El espacio público debe protegerse, garantizar la libre circulación, conservar el equilibrio entre infraestructura y áreas verdes y asegurar la continuidad de la red vial y la protección ambiental.	Las ocupaciones temporales de banquetas, vialidades o espacios públicos durante la construcción serán señalizadas y contarán con rutas provisionales seguras. Al concluir las obras se retirarán instalaciones provisionales y se restaurarán pavimentos, banquetas, áreas verdes y superficies afectadas temporalmente.
Artículos 150 a 155	Toda acción urbanística debe ajustarse a los programas y usos y destinos vigentes. Las obras de infraestructura requieren autorización municipal, certificación de ubicación en zona de riesgo y, en su caso, dictamen de impacto urbano.	Antes de iniciar los trabajos se obtendrán las licencias y autorizaciones municipales correspondientes, así como la certificación de riesgo y el dictamen de impacto urbano cuando resulten exigibles. El expediente integrará los planos, estudios, memoria descriptiva y medidas de mitigación.
Artículos 179 y 180	Las obras promovidas por dependencias federales, estatales o municipales constituyen acciones urbanísticas públicas y deben respetar los programas municipales de desarrollo urbano vigentes.	El Puente Carrizal es una acción urbanística pública. Su proyecto ejecutivo y construcción se ajustarán a las políticas urbanas, zonificación, estructura vial, usos, destinos y restricciones establecidos por los instrumentos aplicables.
Artículos 182 a 188	Regulan la estructura vial, las vías públicas, los derechos de vía y la apertura, prolongación o ampliación de vialidades. Estas acciones deben estar previstas en los programas o justificarse por causa de utilidad pública y contar con estudios de origen y destino.	El puente funcionará como elemento de continuidad de la red vial. Su justificación se apoyará en estudios de movilidad, tránsito, origen y destino y capacidad vial. Los accesos se integrarán funcionalmente a las vialidades existentes, evitando afectaciones innecesarias a la circulación y a los predios colindantes.

2.9. Planes y Estrategias Nacionales

2.9.1. Plan Nacional de Desarrollo. Planeación para el Desarrollo con Enfoque de Agenda 2030

El Plan Nacional de Desarrollo (PND) 2025–2030 constituye el instrumento rector de la planeación nacional y establece los objetivos y estrategias que orientarán las políticas públicas del Gobierno de México durante el periodo 2025–2030. El PND plantea un modelo de desarrollo sustentado en el bienestar de la población, la justicia social, la protección de los recursos naturales y la sustentabilidad, considerando además la participación ciudadana y la protección de los derechos humanos.

El PND 2025–2030 se estructura en cuatro ejes generales y tres ejes transversales:

- Eje General 1. Gobernanza con justicia y participación ciudadana.
- Eje General 2. Desarrollo con bienestar y humanismo.
- Eje General 3. Economía moral y trabajo.
- Eje General 4. Desarrollo sustentable.
- Eje Transversal 1. Igualdad sustantiva y derechos de las mujeres.
- Eje Transversal 2. Innovación pública para el desarrollo tecnológico nacional.



- Eje Transversal 3. Derechos de las comunidades indígenas y afromexicanas.

La estructura anterior se encuentra establecida expresamente en el PND 2025–2030.
Para efectos del presente proyecto, la vinculación principal se establece con el Eje General 4. Desarrollo sustentable, debido a que la construcción del Puente Carrizal se desarrollará sobre el río Carrizal y, por tanto, requiere considerar medidas de prevención, mitigación y control de los posibles efectos sobre el agua, suelo, aire, vegetación y demás componentes ambientales.

Asimismo, el proyecto contempla obras de drenaje, manejo de aguas de excavación y escurrimientos, manejo integral de residuos, control de emisiones de polvo, prevención de derrames y medidas de protección ambiental durante la ejecución de las obras.

Por lo anterior, se identifican las siguientes relaciones con los objetivos y estrategias del PND 2025–2030:

Tabla 67. Vinculación del Proyecto Integral Villahermosa 2030, Puente Carrizal, con el Plan Nacional de Desarrollo 2025–2030

Objetivo / Estrategia del PND 2025–2030	Vinculación con el proyecto
Eje General 4. Desarrollo sustentable	El proyecto incorpora criterios ambientales desde su planeación y ejecución, considerando las condiciones particulares del sitio, entre ellas la localización sobre la planicie aluvial del sistema Grijalva–Carrizal y la presencia del río Carrizal como elemento natural directamente relacionado con la obra.
Objetivo 4.3. Reducir las emisiones contaminantes y fortalecer la resiliencia climática mediante la prevención, control y mitigación de los impactos ambientales en la salud y los ecosistemas.	El proyecto contempla medidas de prevención, mitigación y vigilancia ambiental durante la construcción. Entre ellas se consideran el manejo de residuos, control de emisiones de polvo, prevención de derrames, manejo de aguas de excavación y escurrimientos y protección de las áreas próximas al cauce.
Estrategia 4.3.1. Reducir las emisiones de gases de efecto invernadero para mitigar el cambio climático y sus impactos en la sociedad, la economía y el medio ambiente.	Durante la etapa constructiva se establecerán medidas de control de emisiones asociadas a la utilización de maquinaria y equipo. Asimismo, la infraestructura forma parte de un corredor de movilidad urbana que incorpora transporte público, movilidad peatonal y vialidad, favoreciendo una organización más eficiente de los desplazamientos urbanos. El proyecto contempla un carril confinado para transporte público masivo y estaciones asociadas al corredor.
Estrategia 4.3.2. Implementar políticas de mitigación y adaptación al cambio climático con enfoque en derechos humanos, igualdad y justicia ambiental para fortalecer la resiliencia de la sociedad y los ecosistemas.	Las condiciones hidrológicas del sitio son consideradas desde la etapa de diseño y constructibilidad. El proyecto se ubica próximo al río Carrizal y presenta condiciones de nivel freático somero, por lo que se contemplan medidas específicas para el control del agua durante excavaciones y cimentaciones, así como sistemas de protección en las zonas próximas al cauce.
Estrategia 4.3.3. Promover la economía circular para optimizar el uso de recursos, mejorar la gestión de	Durante la ejecución de la obra se implementará el manejo adecuado de los residuos generados por las actividades

Objetivo / Estrategia del PND 2025–2030	Vinculación con el proyecto
residuos y prevenir la contaminación, reduciendo la presión sobre el medio ambiente.	constructivas, procurando su separación, almacenamiento temporal, aprovechamiento, reciclaje y disposición final conforme a la naturaleza de cada residuo y a la normatividad aplicable. El programa de ejecución contempla expresamente el manejo de residuos como una medida ambiental transversal.
Estrategia 4.3.4. Fortalecer las medidas de prevención y control de la contaminación para proteger la salud de la población y preservar un medio ambiente sano.	Se establecerán medidas para prevenir la contaminación del suelo, agua y aire durante la preparación del sitio y construcción. Entre las acciones previstas se encuentran el control de emisiones de polvo, prevención de derrames, manejo de aguas de excavación y escurrimientos, así como la protección de las áreas próximas al río Carrizal.
Estrategia 4.3.7. Promover mecanismos de mitigación de daños ambientales y a la salud mediante un marco normativo que regule la gestión de sustancias químicas y la creación de infraestructura.	La ejecución de las obras estará sujeta a las disposiciones ambientales aplicables y a las medidas de prevención y control correspondientes. El proyecto contempla la prevención de derrames y el manejo adecuado de los materiales y residuos generados durante las actividades constructivas.
Objetivo 4.5. Proteger y restaurar los ecosistemas naturales, promoviendo su uso sustentable mediante una política ecológica humanista, inclusiva y participativa.	El proyecto se desarrolla dentro de un entorno urbano de Villahermosa y sobre un corredor de infraestructura existente y proyectada. La ubicación de la obra dentro de una zona urbana permite concentrar la intervención en un espacio destinado al desarrollo de infraestructura vial, evitando, en la medida de lo posible, la apertura de nuevos corredores de infraestructura en áreas naturales conservadas. El proyecto contempla además medidas de integración paisajística mediante la incorporación de vegetación en banquetas, camellones y áreas residuales.
Estrategia 4.5.1. Frenar la pérdida y degradación de los ecosistemas naturales, abordando y eliminando sus causas principales.	Debido a que el proyecto se localiza en el entorno urbano de Villahermosa y corresponde a la continuidad de un corredor vial existente, se busca concentrar la ocupación de la infraestructura en un área previamente intervenida. Las actividades constructivas deberán delimitar las áreas de trabajo y evitar afectaciones fuera de la superficie autorizada, particularmente en las zonas próximas al río Carrizal.
Estrategia 4.5.4. Restaurar ecosistemas clave para la biodiversidad y los servicios ambientales mediante un enfoque integral, intersectorial y culturalmente pertinente.	Como parte de las medidas de integración ambiental y paisajística se contempla la incorporación de vegetación en espacios urbanos asociados al corredor. Esta vegetación contribuirá a mejorar las condiciones paisajísticas y ambientales del área intervenida, así como a incrementar la presencia de cobertura vegetal en banquetas, camellones y áreas residuales.
Estrategia 4.5.8. Armonizar e integrar los instrumentos de desarrollo urbano y ordenamiento ecológico en la planificación territorial, para gestionar de manera sustentable la expansión de las fronteras agrícola y urbana.	El Puente Carrizal forma parte de una estrategia integral de movilidad urbana que busca establecer continuidad entre la infraestructura vial existente de Villahermosa y las zonas localizadas hacia el poniente, incluyendo la conexión con el municipio de Nacajuca. El proyecto se integra a la estructura urbana existente mediante la continuidad de la Avenida Paseo Tabasco y su conexión con vialidades existentes.

Objetivo / Estrategia del PND 2025–2030	Vinculación con el proyecto
Estrategia 4.5.9. Desarrollar instrumentos de planificación territorial con enfoques transversales de conservación ecológica, que mitiguen el impacto ambiental y la pérdida de biodiversidad derivados de las actividades productivas, la expansión de infraestructura y el crecimiento de los asentamientos humanos.	La planeación del proyecto considera las características ambientales y territoriales del sitio, incluyendo su localización en una planicie aluvial, la proximidad del río Carrizal, las condiciones geotécnicas y la presencia de infraestructura urbana existente. Estas condiciones son consideradas para establecer medidas de prevención, mitigación y vigilancia ambiental durante la ejecución de las obras.
Objetivo 4.6. Garantizar el derecho al agua mediante una gestión eficiente, sustentable y resiliente al cambio climático, protegiendo la integridad de las cuencas y asegurando su disponibilidad para las generaciones presentes y futuras.	El proyecto se desarrolla directamente sobre el río Carrizal, por lo que el componente hídrico constituye una de las principales condicionantes ambientales para su diseño y ejecución. La obra contempla sistemas de drenaje para conducir los escurrimientos generados sobre el tablero y medidas específicas para controlar el agua durante las excavaciones y trabajos de cimentación.
Estrategia 4.6.2. Promover el uso eficiente y sustentable del agua para reducir la presión sobre las fuentes de abastecimiento y garantizar su disponibilidad a largo plazo.	Durante la ejecución del proyecto se deberán implementar medidas para utilizar eficientemente el agua requerida en las actividades constructivas, evitando desperdicios y descargas que puedan afectar el río Carrizal o los cuerpos y sistemas de drenaje existentes. El manejo de aguas de excavación y escurrimientos será parte de las medidas ambientales de la etapa constructiva.
Estrategia 4.6.4. Reforzar el monitoreo y control de contaminantes para prevenir el deterioro de la calidad del agua y proteger los ecosistemas y su biodiversidad.	Debido a la proximidad inmediata de las obras al río Carrizal, se deberán establecer medidas preventivas para evitar la incorporación de materiales, residuos, combustibles, aceites, aguas contaminadas o cualquier otra sustancia al cauce. Las áreas de apoyo, almacenamiento y manejo de materiales deberán localizarse de manera que se reduzca el riesgo de contaminación del cuerpo de agua.
Estrategia 4.6.7. Promover la gestión integrada de cuencas y acuíferos en proyectos de infraestructura, desarrollo urbano y ordenamiento territorial, para garantizar la sustentabilidad hídrica y reducir las desigualdades regionales en el acceso al agua.	La ubicación del proyecto sobre el río Carrizal hace necesario incorporar criterios de manejo y protección del recurso hídrico durante las diferentes etapas de la obra. El diseño considera las condiciones hidráulicas, hidrogeológicas y de nivel freático del sitio, así como sistemas de drenaje y medidas de control durante las excavaciones y cimentaciones.

Vinculación complementaria con la movilidad sustentable

Además de la vinculación ambiental con el Eje General 4. Desarrollo sustentable, el proyecto presenta una relación directa con los objetivos del PND relacionados con la movilidad y la infraestructura para el transporte.

El proyecto forma parte de una estrategia integral de movilidad urbana y tiene como finalidad establecer continuidad entre la infraestructura vial existente y las zonas de crecimiento urbano hacia el poniente de Villahermosa. La solución contempla infraestructura para transporte público, carril confinado, estaciones de ascenso y descenso, banquetas y elementos de movilidad peatonal, además de las obras necesarias para garantizar la conectividad vial.

En este sentido, resulta aplicable de manera complementaria el Objetivo 2.10 del PND 2025–2030, relativo a dotar a la población de infraestructura para la movilidad y el transporte público que facilite el tránsito de

personas, así como el Objetivo 3.7, orientado a mejorar la movilidad de personas y mercancías mediante una red de infraestructura para un transporte eficiente, sostenible y seguro.

La construcción del Puente Carrizal contribuye a estos objetivos al generar una nueva conexión sobre el río Carrizal y dar continuidad al corredor vial Paseo Tabasco–Boulevard Bicentenario, favoreciendo la conectividad entre sectores urbanos de Villahermosa y el municipio de Nacajuca.

2.9.2. Estrategia Nacional de Ordenamiento Territorial 2020–2040

La Estrategia Nacional de Ordenamiento Territorial 2020–2040 (ENOT) constituye el instrumento rector de la política territorial nacional y establece una visión de largo plazo para orientar la ocupación, aprovechamiento y organización sustentable del territorio. Su contenido articula las políticas de desarrollo urbano, infraestructura, movilidad, protección ambiental, gestión integral de riesgos y adaptación al cambio climático.

La ENOT se estructura en tres ejes nacionales:

- **Eje Nacional 1. Estructuración Territorial:** promueve la articulación de los asentamientos humanos, las redes de infraestructura, los equipamientos y los servicios, en armonía con la protección del ambiente.
- **Eje Nacional 2. Desarrollo Territorial:** busca mejorar el bienestar de la población mediante la justicia socioespacial, el aprovechamiento sustentable de los recursos naturales y la mitigación y adaptación al cambio climático.
- **Eje Nacional 3. Gobernanza Territorial:** impulsa la coordinación entre autoridades, sociedad y sectores económicos para orientar la planeación y gestión del territorio.

De acuerdo con la regionalización de la ENOT, el municipio de Centro, Tabasco, forma parte del Sistema Urbano-Rural **Sur-Sureste II (Villahermosa–Minatitlán)**. En esta región se promueve el fortalecimiento de la conectividad urbana e interurbana, el desarrollo de infraestructura de movilidad, la integración de infraestructura verde y la incorporación de criterios de gestión integral de riesgos en los instrumentos y proyectos territoriales.

El Proyecto Integral Villahermosa 2030, Puente Carrizal se vincula con los siguientes objetivos y lineamientos:

Tabla 68. Vinculación del Proyecto Integral Villahermosa 2030, Puente Carrizal, con la ENOT 2020–2040

Eje, objetivo y lineamiento	Contenido aplicable	Vinculación con el proyecto
Eje Nacional 1. Estructuración Territorial. Objetivo prioritario 1.1. Lineamiento regional LG 1.1.4	Fomentar un reparto modal sostenible para la movilidad urbana e interurbana que impulse la conectividad entre las zonas metropolitanas de Coatzacoalcos, Minatitlán, Acayucan y Villahermosa, así como con las ciudades y zonas rurales de la región,	El puente permitirá dar continuidad a la estructura vial urbana de Villahermosa y mejorar la conexión entre los sectores localizados en ambas márgenes del río Carrizal. Su construcción fortalecerá la conectividad metropolitana y la distribución de los desplazamientos, sin introducir un desarrollo urbano aislado.

Eje, objetivo y lineamiento	Contenido aplicable	Vinculación con el proyecto
	mediante un modelo que reduzca externalidades ambientales y sociales.	
Eje Nacional 1. Estructuración Territorial. Objetivo prioritario 1.1. Lineamiento regional LG 1.1.6	Fomentar el desarrollo de planes maestros de las vías de comunicación y programas de largo plazo para la infraestructura logística y de movilidad, principalmente en Villahermosa y Minatitlán, con la finalidad de impulsar el desarrollo regional y disminuir la marginación.	El proyecto constituye infraestructura pública de movilidad asociada a la planeación urbana de largo plazo de Villahermosa. El puente, sus accesos y obras complementarias mejorarán la continuidad de la red vial y la comunicación entre sectores urbanos separados físicamente por el río Carrizal.
Eje Nacional 1. Estructuración Territorial. Objetivo prioritario 1.3. Lineamiento regional LG 1.3.2	Impulsar áreas verdes, corredores biológicos y biocorredores del paisaje mediante infraestructura verde dentro de los programas de ordenamiento territorial y desarrollo urbano de las zonas metropolitanas, incluida Villahermosa.	Las intervenciones se limitarán a las superficies indispensables. Se conservará la vegetación compatible con las obras y las áreas de ocupación temporal serán estabilizadas, restauradas y, cuando corresponda, revegetadas con especies adecuadas para las condiciones locales.
Eje Nacional 2. Desarrollo Territorial. Objetivo prioritario 2.2. Lineamiento regional LG 2.2.1	Promover un modelo territorial equilibrado y sostenible mediante la creación y actualización de los programas de ordenamiento territorial, urbano y ecológico.	El proyecto será congruente con el PEOTDU de Tabasco, el POERET, el PMDU de Centro y el Programa Parcial de Desarrollo Urbano aplicable. Su ejecución no modificará por sí misma los usos y destinos asignados a los predios colindantes y se mantendrá dentro de las superficies autorizadas.
Eje Nacional 2. Desarrollo Territorial. Objetivo prioritario 2.4. Lineamiento regional LG 2.4.2	Incorporar en los instrumentos de ordenamiento territorial, ecológico, desarrollo urbano y gestión integral de riesgos lineamientos de intervención en zonas habitadas para garantizar los derechos, el bienestar y la seguridad de la población.	El diseño del puente considera estudios topográficos, geotécnicos, hidrológicos, hidráulicos y de socavación. Estos estudios permiten definir las cimentaciones, pilas, estribos, accesos, obras de drenaje y medidas de protección necesarias para conservar la funcionalidad hidráulica del río y reducir riesgos para la población y la infraestructura.
Eje Nacional 2. Desarrollo Territorial. Objetivo prioritario 2.4. Lineamiento regional LG 2.4.4	Incorporar estrategias de prevención en la ocupación de zonas de alto riesgo mediante instrumentos o componentes de planeación que atiendan las condiciones de vulnerabilidad territorial.	El proyecto se localiza en una planicie aluvial expuesta a lluvias intensas, variaciones del nivel del río, inundaciones y procesos de erosión y socavación. En consecuencia, su diseño estructural e hidráulico incorporará criterios de seguridad, estabilidad y resiliencia frente a eventos hidrometeorológicos.

La construcción del Puente Carrizal presenta una vinculación favorable con la ENOT, debido a que corresponde a infraestructura estratégica destinada a fortalecer la conectividad y la articulación territorial de Villahermosa. Esta congruencia se mantendrá mediante la ejecución de las obras dentro de las superficies autorizadas, la conservación de la capacidad hidráulica del río Carrizal, el control de la erosión y los sedimentos, la restauración de las áreas ocupadas temporalmente y la aplicación de las medidas establecidas en la Manifestación de Impacto Ambiental, modalidad regional, y en la autorización que emita la SEMARNAT.

2.9.3. Estrategia Nacional de Cambio Climático, Visión 10–20–40

La Estrategia Nacional de Cambio Climático, Visión 10–20–40, publicada en 2025, constituye el instrumento rector de la política nacional de mediano y largo plazo en materia de mitigación y adaptación al cambio climático. Su finalidad es orientar las acciones de los tres órdenes de gobierno y de los sectores social y privado para reducir las emisiones de gases y compuestos de efecto invernadero, disminuir la vulnerabilidad y fortalecer la resiliencia de la población, los ecosistemas y la infraestructura estratégica.
La Estrategia se integra por tres componentes:

- **Adaptación al cambio climático**, dirigida a reducir la vulnerabilidad y aumentar la capacidad de respuesta de los sistemas naturales y humanos.
- **Mitigación de gases y compuestos de efecto invernadero**, orientada a reducir emisiones y fortalecer los sumideros de carbono.
- **Política climática transversal**, relacionada con la coordinación institucional, el financiamiento, la información, la participación social, la investigación y el seguimiento de las acciones climáticas.

Por su naturaleza como infraestructura vial que cruza el río Carrizal, el proyecto se vincula principalmente con las acciones relativas a la protección de infraestructura estratégica, la adaptación basada en la reducción de riesgos, la conectividad territorial y la gestión de residuos.

Tabla 69. Vinculación con la Actualización de la Estrategia Nacional de Cambio Climático, Visión 10–20–40

Componente y línea de acción	Contenido aplicable	Vinculación con el proyecto
Adaptación. Eje estratégico: Infraestructura estratégica y patrimonio. A5.2	Diseñar y fortalecer políticas públicas para proteger la infraestructura estratégica nueva y existente, incluidas las comunicaciones, el transporte y la infraestructura hídrica, ante los efectos adversos del cambio climático, con un enfoque de adaptación basado en la reducción de riesgos.	El puente constituye infraestructura estratégica de transporte localizada sobre un río sujeto a variaciones de nivel, avenidas extraordinarias, erosión y socavación. Su diseño se sustentará en estudios hidrológicos, hidráulicos, geotécnicos y de socavación, mediante los cuales se definirán las dimensiones, cimentaciones, elevaciones y medidas de protección correspondientes.
Adaptación. Eje estratégico: Infraestructura estratégica y patrimonio. A5.3	Fortalecer la implementación de medidas de adaptación destinadas a reducir los riesgos de la infraestructura estratégica nueva y existente, incluidas sus instalaciones, sistemas y redes.	El proyecto incorporará medidas para mantener la capacidad de conducción del río, evitar obstrucciones innecesarias, proteger las cimentaciones, controlar la erosión y garantizar el funcionamiento de los accesos y drenajes ante precipitaciones intensas. Durante la construcción se contará con procedimientos de respuesta ante crecientes, lluvias extraordinarias y otros eventos hidrometeorológicos.
Mitigación. Sector transporte. M3.4	Incrementar y fortalecer la interconectividad regional y nacional mediante redes multimodales eficientes de transporte terrestre, modernas, integradas, sostenibles y competitivas.	El Puente Carrizal fortalecerá la continuidad de la red vial de Villahermosa y mejorará la comunicación entre sectores urbanos ubicados en ambas márgenes del río. La infraestructura será integrada a los accesos y

Componente y línea de acción	Contenido aplicable	Vinculación con el proyecto
		vialidades existentes, contribuyendo a una red urbana más articulada y funcional.
Mitigación. Sector transporte. M3.9	Fortalecer la planeación regional y metropolitana del transporte, particularmente la movilidad sustentable y la optimización de la infraestructura y de las rutas.	El puente forma parte de una intervención de movilidad metropolitana planificada. Su integración con la estructura vial permitirá distribuir los desplazamientos y mejorar la operación de la red, sin que ello exima de aplicar las medidas de control de emisiones durante la construcción.
Mitigación. Sector residuos. M8.1	Promover la economía circular en los sectores productivos y de consumo para reducir las emisiones de gases y compuestos de efecto invernadero.	Durante la construcción se aplicarán medidas de separación, reutilización y valorización de materiales cuando técnica y ambientalmente resulte viable. Los residuos de construcción, excavación, manejo especial y peligrosos serán entregados a prestadores o sitios autorizados, conservando los comprobantes correspondientes.

Durante la construcción se proporcionará mantenimiento preventivo a la maquinaria, se evitará su operación innecesaria en vacío, se organizarán los recorridos de acarreo, se cubrirán los materiales transportados y se llevará el control del consumo de combustibles. Estas acciones permitirán disminuir las emisiones de gases, partículas y compuestos asociados con la ejecución de la obra.

En materia de adaptación, la principal vinculación del proyecto consiste en asegurar que el puente mantenga su estabilidad y funcionalidad frente a crecientes, precipitaciones intensas, inundaciones y procesos de socavación. Por ello, las medidas derivadas de los estudios hidráulicos y estructurales formarán parte del diseño ejecutivo, del programa de construcción y del seguimiento ambiental del proyecto.

2.9.4. Programa Sectorial de Medio Ambiente y Recursos Naturales 2025–2030

El Programa Sectorial de Medio Ambiente y Recursos Naturales 2025–2030 (PROMARNAT) establece los objetivos, estrategias y líneas de acción de la política ambiental federal para el periodo 2025–2030. El Programa promueve la conservación de los ecosistemas, la restauración ambiental, la gestión sustentable del agua, la acción climática, la prevención de la contaminación, la economía circular y la participación ciudadana.

El PROMARNAT constituye un instrumento de orientación de la política pública y no sustituye las autorizaciones ambientales, hidráulicas, urbanas o constructivas aplicables al proyecto. No obstante, sus objetivos deberán reflejarse en las medidas de prevención, mitigación, restauración y seguimiento del Puente Carrizal.

Tabla 70. Vinculación con el Programa Sectorial de Medio Ambiente y Recursos Naturales 2025–2030

Objetivo y estrategias aplicables	Vinculación con el proyecto
Objetivo 1. Conservar, proteger y aprovechar sustentablemente los ecosistemas para salvaguardar la biodiversidad y sus servicios ambientales. Estrategias 1.2 y 1.5.	Las actividades se limitarán a las superficies autorizadas para el puente, accesos y obras complementarias. Antes de intervenir la vegetación se identificarán los ejemplares susceptibles de afectación y se aplicarán las medidas de conservación, poda, trasplante, restitución o compensación que determine la autoridad. También se realizarán recorridos previos

Objetivo y estrategias aplicables	Vinculación con el proyecto
	para detectar fauna y se prohibirá su captura, extracción o daño. La ejecución observará las disposiciones del POERET y de los instrumentos territoriales y urbanos aplicables.
Objetivo 2. Restaurar ecosistemas naturales prioritarios para la biodiversidad y sus servicios ambientales. Estrategia 2.1.	Al concluir la construcción se retirarán las instalaciones provisionales, residuos, materiales y equipos. Las superficies ocupadas temporalmente serán descompactadas, estabilizadas y restauradas; cuando corresponda, se revegetarán con especies adecuadas para las condiciones de las márgenes del río y del entorno urbano. Las acciones se concentrarán en recuperar las funciones de las áreas directamente intervenidas.
Objetivo 3. Garantizar el derecho humano al agua, asegurando la gestión sustentable de los recursos hídricos y fomentando la protección e integridad de las cuencas, acuíferos, ecosistemas y biodiversidad. Estrategias 3.4 y 3.5.	El puente cruza el río Carrizal, por lo que se conservará su capacidad hidráulica y se evitará el depósito de concreto, materiales de excavación, residuos, combustibles, aceites o sustancias contaminantes en el cauce, las riberas y la zona federal. Se implementarán barreras y controles para retener sedimentos. No se efectuarán descargas de aguas residuales a bienes nacionales sin el permiso correspondiente; los servicios sanitarios se atenderán mediante instalaciones portátiles operadas por prestadores autorizados.
Objetivo 4. Fortalecer la acción climática para transitar hacia una economía adaptativa y baja en carbono, integrando la prevención y control de la contaminación. Estrategias 4.2, 4.4 y 4.5.	El diseño incorporará criterios de adaptación frente a crecientes, inundaciones, erosión y socavación. Durante la construcción se controlarán las emisiones, partículas, ruido, residuos y sustancias peligrosas mediante mantenimiento de maquinaria, humectación de superficies, uso de lonas, almacenamiento temporal adecuado, contención de derrames y entrega de residuos a prestadores autorizados. Se promoverá el aprovechamiento de materiales cuando sea técnica y ambientalmente viable.
Objetivo 5. Impulsar una política ecológica humanista, con participación ciudadana, inclusiva y de acceso a la justicia ambiental. Estrategia 5.2.	El proyecto se someterá al Procedimiento de Evaluación del Impacto Ambiental mediante una Manifestación de Impacto Ambiental, modalidad regional. La información formará parte del expediente administrativo y estará sujeta a los mecanismos de publicidad, consulta y participación previstos en la LGEEPA y su Reglamento. La promovente atenderá los requerimientos de información y las condicionantes que establezca la SEMARNAT.

La vinculación del proyecto con el PROMARNAT se materializará mediante la protección del río Carrizal, la prevención de la contaminación del agua, aire y suelo, la conservación de la vegetación y fauna, la restauración de superficies temporales y el diseño de infraestructura resiliente. El cumplimiento deberá documentarse mediante bitácoras ambientales, registros fotográficos, comprobantes de manejo de residuos, planos, reportes de supervisión y los informes requeridos por la autoridad.

2.9.5. Programa Nacional de Restauración Ambiental 2025–2030

El Programa Nacional de Restauración Ambiental 2025–2030 (PNRA) establece las bases de la política nacional para revertir la degradación ambiental mediante procesos integrales de corto, mediano y largo plazo. Su misión consiste en restaurar ecosistemas degradados en sitios prioritarios mediante acciones estratégicas, participación de diversos sectores, gestión eficiente de recursos y aplicación de soluciones basadas en la naturaleza.

Entre sus principios se encuentran la integración de criterios de sustentabilidad y restauración en los proyectos de infraestructura, la protección de cuerpos de agua y zonas riparias, la reducción de la vulnerabilidad frente al cambio climático, la recuperación de servicios ecosistémicos y el seguimiento de las acciones de restauración.

La documentación analizada del PNRA identifica sitios prioritarios y potenciales para la restauración en el estado de Tabasco; sin embargo, no identifica específicamente al polígono del Puente Carrizal como un proyecto prioritario de restauración. En consecuencia, su vinculación es de carácter programático y se refiere a la incorporación de criterios preventivos, de restauración y de protección de la zona riparia dentro del proyecto, sin que ello implique que la construcción del puente forme parte de las acciones oficiales del PNRA.

Tabla 71. Vinculación con el Programa Nacional de Restauración Ambiental 2025–2030

Principio u orientación	Vinculación con el proyecto
Vincular el desarrollo económico, la igualdad social y el cuidado del ambiente como componentes de la sustentabilidad.	El puente constituye infraestructura pública destinada a mejorar la conectividad y el funcionamiento urbano de Villahermosa. Su ejecución estará acompañada de medidas de prevención, mitigación, restauración y seguimiento para evitar que los beneficios de movilidad se produzcan a costa del deterioro del río Carrizal o de sus márgenes.
Incorporar criterios de sustentabilidad, preservación y restauración de los ecosistemas en todos los proyectos de infraestructura.	El proyecto delimitará las superficies de ocupación permanente y temporal, evitará intervenciones fuera de la huella autorizada y restaurará las áreas utilizadas para maniobras, instalaciones provisionales, almacenamiento y accesos temporales. Las medidas ambientales se integrarán al programa de obra y a la supervisión del proyecto.
Priorizar la gestión sostenible del agua, asegurando la conservación de cuerpos de agua, acuíferos y zonas riparias.	Se conservará la funcionalidad hidráulica del río Carrizal. No se depositarán residuos, concreto, materiales de excavación, combustibles o sustancias contaminantes en el cauce, las riberas o la zona federal. Se controlará el arrastre de sedimentos y se mantendrán libres las secciones necesarias para el flujo del agua.
Considerar la interdependencia de los sistemas naturales y humanos y fortalecer la resiliencia de los ecosistemas.	El río Carrizal cumple funciones hidráulicas, ambientales y urbanas. El diseño de pilas, cimentaciones, estribos y accesos considerará las condiciones hidrológicas y de socavación, con objeto de evitar modificaciones injustificadas a la dinámica del cauce y reducir la vulnerabilidad de la infraestructura y de las zonas colindantes.
Aplicar soluciones basadas en la naturaleza en el diseño de las acciones de restauración.	En las superficies que lo permitan se utilizarán medidas de estabilización y revegetación con especies adecuadas para las condiciones locales. La protección vegetal de taludes y superficies expuestas se aplicará de manera complementaria a las soluciones estructurales requeridas para garantizar la seguridad del puente.
Identificar, desarrollar y aplicar estrategias para prevenir y reducir los factores que contribuyen a la degradación socioambiental.	Se implementarán medidas para controlar la erosión, sedimentos, residuos, emisiones, ruido y derrames. Los sitios de almacenamiento y manejo de combustibles contarán con superficies acondicionadas, materiales absorbentes y procedimientos de respuesta ante contingencias.
Incorporar el conocimiento científico y la innovación tecnológica en el diseño, implementación y seguimiento de las acciones.	Las medidas se sustentarán en los estudios topográficos, geotécnicos, hidrológicos, hidráulicos, de socavación, flora y fauna elaborados para el proyecto. Su cumplimiento se verificará mediante supervisión ambiental, registros fotográficos, bitácoras e informes de seguimiento.
Reducir la vulnerabilidad de la población frente al cambio climático	La estabilidad de las márgenes, la conservación de la capacidad hidráulica, el diseño ante avenidas y socavación y la restauración de áreas temporales contribuirán a

Principio u orientación	Vinculación con el proyecto
mediante procesos de adaptación y restauración ambiental.	reducir riesgos ambientales y a mantener la funcionalidad del cruce durante eventos hidrometeorológicos.

El Proyecto Integral Villahermosa 2030, Puente Carrizal, resulta compatible con los principios del PNRA siempre que las actividades se limiten a las superficies autorizadas, se mantenga la funcionalidad hidráulica del río, se evite la contaminación del cauce y se restauren las áreas ocupadas temporalmente.

La vinculación con el PNRA no sustituye las autorizaciones correspondientes ni permite considerar las medidas ordinarias de mitigación como acciones oficiales del Programa. Su cumplimiento se reflejará en la incorporación efectiva de criterios de prevención, recuperación y seguimiento ambiental dentro del diseño y ejecución del proyecto.

2.10. Localidades con población indígena en las que incide el sitio de intervención del proyecto y/o su zona de influencia

Para determinar la posible incidencia del "Proyecto Integral Villahermosa 2030, Puente Carrizal" sobre localidades o comunidades indígenas, se revisó el Catálogo Nacional de Pueblos y Comunidades Indígenas y Afromexicanas del Instituto Nacional de los Pueblos Indígenas (INPI). Asimismo, se comparó la ubicación del sitio de intervención y de su zona de influencia con la información territorial correspondiente a los municipios de Centro y Nacajuca, Tabasco.

El análisis realizado no identificó localidades o comunidades indígenas registradas por el INPI dentro del polígono de intervención directa ni dentro de la zona de influencia delimitada para el proyecto. La presencia de población indígena en el ámbito municipal no implica por sí misma una incidencia directa, ya que para ello debe existir coincidencia territorial entre las obras, su área de influencia y una localidad o comunidad indígena reconocida.

Tabla 72. Localidades con población indígena en las que incide el sitio de intervención del proyecto y/o su zona de influencia.

Estado	Municipio	Localidad
Tabasco	Centro	No se identificaron localidades o comunidades indígenas registradas por el INPI dentro del sitio de intervención ni de la zona de influencia del "Proyecto Integral Villahermosa 2030, Puente Carrizal".
Tabasco	Nacajuca	No se identificaron localidades o comunidades indígenas registradas por el INPI dentro del sitio de intervención ni de la zona de influencia del "Proyecto Integral Villahermosa 2030, Puente Carrizal".

La identificación se realizó con base en el Catálogo Nacional de Pueblos y Comunidades Indígenas y Afromexicanas del Instituto Nacional de los Pueblos Indígenas, su actualización publicada en el Diario Oficial de la Federación y la delimitación cartográfica del sitio de intervención y de la zona de influencia del proyecto.

Con base en lo anterior, las obras del Puente Carrizal no presentan coincidencia territorial directa con localidades o comunidades indígenas registradas en el Catálogo Nacional del INPI. Tampoco se identificaron, dentro de las superficies de ocupación temporal o permanente, asentamientos indígenas,

tierras de ocupación tradicional, centros ceremoniales, sitios de importancia cultural o elementos asociados con el ejercicio de derechos colectivos indígenas.

Por lo tanto, la ejecución del proyecto no producirá una afectación directa sobre comunidades indígenas o tribales, sus tierras, recursos, instituciones, costumbres o formas de organización. No obstante, durante el desarrollo del proyecto se respetarán los derechos humanos y colectivos reconocidos en la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos y en los instrumentos internacionales aplicables, y cualquier circunstancia relacionada con población indígena que sea identificada durante el procedimiento de evaluación ambiental será atendida conforme a las disposiciones de las autoridades competentes.

BIBLIOGRAFÍA

Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión. Código Penal Federal. Texto vigente. https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/CPF.pdf

Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión. Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos. Texto vigente. https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/CPEUM.pdf
Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión. Ley de Aguas Nacionales. Texto vigente. https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LAN.pdf
Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión. Ley de Vías Generales de Comunicación. Texto vigente. https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LVGC.pdf
Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión. Ley Federal de Responsabilidad Ambiental. Texto vigente. https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LFRA.pdf
Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión. Ley Federal sobre Monumentos y Zonas Arqueológicos, Artísticos e Históricos. Texto vigente. https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LFMZAAH.pdf
Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión. Ley General de Cambio Climático. Texto vigente. https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LGCC.pdf
Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión. Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable. Texto vigente. https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LGDFS.pdf
Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión. Ley General de Vida Silvestre. Texto vigente. https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LGVS.pdf
Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión. Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente. Texto vigente. https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LGEEPA.pdf
Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión. Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos. Texto vigente. https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LGPGIR.pdf
Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión. Reglamento de la Ley de Aguas Nacionales. Texto vigente. https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/regley/Reg_LAN_250814.pdf
Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión. Reglamento de la Ley General de Cambio Climático en Materia del Registro Nacional de Emisiones. Texto vigente. https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/regley/Reg_LGCC_MRNE_281014.pdf
Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión. Reglamento de la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable. Texto vigente. https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/regley/Reg_LGDFS_091220.pdf
Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión. Reglamento de la Ley General de Vida Silvestre. Texto vigente. https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/regley/Reg_LGVS.pdf
Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión. Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en Materia de Evaluación del Impacto Ambiental. Texto vigente. https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/regley/Reg_LGEEPA_MEIA_311014.pdf
Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión. Reglamento de la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos. Texto vigente. https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/regley/Reg_LGPGIR_311014.pdf

Comisión Económica para América Latina y el Caribe. 2018. Acuerdo Regional sobre el Acceso a la Información, la Participación Pública y el Acceso a la Justicia en Asuntos Ambientales en América Latina y el Caribe —Acuerdo de Escazú—. https://www.cepal.org/es/acuerdodeescazu/texto

CONABIO. Áreas de Importancia para la Conservación de las Aves. https://avesmx.conabio.gob.mx/AICA.html

CONABIO. Mapa de las Áreas de Importancia para la Conservación de las Aves. https://avesmx.conabio.gob.mx/Mapa.html

CONABIO. Regiones Hidrológicas Prioritarias de México. https://www.conabio.gob.mx/conocimiento/regionalizacion/doctos/hidrologicas.html

CONABIO. Regiones Marinas Prioritarias de México. https://www.conabio.gob.mx/conocimiento/regionalizacion/doctos/marinas.html

CONABIO. Regiones Terrestres Prioritarias de México. https://www.conabio.gob.mx/conocimiento/regionalizacion/doctos/terrestres.html

CONANP. Datos geoespaciales y archivos cartográficos de las Áreas Naturales Protegidas federales. https://sig.conanp.gob.mx/Shape

CONANP. Sistema de Información Geográfica de Áreas Naturales Protegidas. https://sig.conanp.gob.mx/

Congreso del Estado de Tabasco. Ley de Asentamientos Humanos, Ordenamiento Territorial y Desarrollo Urbano del Estado de Tabasco. Texto vigente. https://congresotabasco.gob.mx/wp/wp-content/uploads/2021/07/Ley-de-Asentamientos-Humanos-Ordenamiento-Territorial-y-Desarrollo-Urbano-del-Estado-de-Tabasco.pdf

Congreso del Estado de Tabasco. Ley de Obras Públicas y Servicios Relacionados con las Mismas del Estado de Tabasco. Texto vigente. https://congresotabasco.gob.mx/wp/wp-content/uploads/2018/12/Ley_de_Obras_Publicas_Y_Servicios_Relacionados_Con_Las_Mismas_Del_Estado_De_Tabasco.pdf

Congreso del Estado de Tabasco. Ley de Protección Ambiental del Estado de Tabasco. Texto vigente. https://congresotabasco.gob.mx/wp/wp-content/uploads/2019/02/Ley-de-Protecci%C3%B3n-Ambiental-del-Estado-de-Tabasco.pdf

Congreso del Estado de Tabasco. 2025. Decreto 218 por el que se reforman disposiciones de la Ley de Obras Públicas y Servicios Relacionados con las Mismas del Estado de Tabasco. https://congresotabasco.gob.mx/wp-content/uploads/2026/01/Decreto-218-Ley-de-Obras.pdf

Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático. 1997. Protocolo de Kioto. https://unfccc.int/cop4/sp/kp/kp.html

Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático. 2015. Acuerdo de París. Texto en español. https://unfccc.int/sites/default/files/paris_agreement_spanish_.pdf

Convención sobre los Humedales. Servicio de Información sobre Sitios Ramsar. https://rsis.ramsar.org/es

CITES. 1973. Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres. Texto en español. https://cites.org/sites/default/files/esp/disc/CITES-Convention-SP.pdf

Gobierno de México. 2025. Plan Nacional de Desarrollo 2025–2030. Diario Oficial de la Federación, 15 de abril de 2025. https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5755162&fecha=15/04/2025

Gobierno del Estado de Tabasco. 2019. Programa de Manejo de la Reserva Ecológica Laguna de las Ilusiones. https://tabasco.gob.mx/sites/default/files/users/sbstabasco/PM-RE-Lagunadelasilusiones-2019.pdf
Gobierno del Estado de Tabasco. 2022. Programa Estatal de Ordenamiento Territorial y Desarrollo Urbano del Estado de Tabasco. https://tabasco.gob.mx/peotdu-estatal-2022
Gobierno del Estado de Tabasco. 2024. Programa de Ordenamiento Ecológico Regional del Estado de Tabasco. https://tabasco.gob.mx/sites/default/files/users/sbstabasco/POERET_2024-_1.pdf
Gobierno del Estado de Tabasco. Cartografía municipal y Unidades de Gestión Ambiental del Programa de Ordenamiento Ecológico Regional del Estado de Tabasco. https://tabasco.gob.mx/bitacora-cartografia-municipal-ugas-poeret
Gobierno del Estado de Tabasco. Decretos y programas de manejo de las Áreas Naturales Protegidas estatales. https://tabasco.gob.mx/anp-decretos-y-programas-de-manejo
Gobierno del Estado de Tabasco. Programa de Ordenamiento Ecológico Regional del Estado de Tabasco. Bitácora ambiental. https://tabasco.gob.mx/bitacora-programa-de-ordenamiento-ecologico-regional-del-estado-de-tabasco
Gobierno del Estado de Tabasco. Programa Municipal de Desarrollo Urbano de Centro. https://tabasco.gob.mx/programa-municipal-de-desarrollo-urbano-de-centro
Gobierno del Estado de Tabasco. Programa Municipal de Desarrollo Urbano de Nacajuca. https://tabasco.gob.mx/pmdu-nacajuca
Gobierno del Estado de Tabasco. Programa Municipal de Desarrollo Urbano de Nacajuca. Documento completo. https://tabasco.gob.mx/sites/default/files/users/sotoptabasco/Nacajuca_compressed.pdf
H. Ayuntamiento Constitucional de Centro. 2023. Programa Municipal de Desarrollo Urbano de Centro. https://transparencia.villahermosa.gob.mx/doctos/files/2024/implan/PMDU-2023.pdf
Instituto Nacional de los Pueblos Indígenas. 2024. Acuerdo por el que se reconoce y cataloga a los pueblos y comunidades indígenas y afromexicanas. Diario Oficial de la Federación. https://dof.gob.mx/nota_detalle_popup.php?codigo=5738774
Instituto Nacional de los Pueblos Indígenas. 2024. Catálogo Nacional de Pueblos y Comunidades Indígenas y Afromexicanas. https://catalogo.inpi.gob.mx/
Instituto Nacional de los Pueblos Indígenas. 2025. Acuerdo por el que se actualiza el Catálogo Nacional de Pueblos y Comunidades Indígenas y Afromexicanas. Diario Oficial de la Federación. https://dof.gob.mx/nota_detalle_popup.php?codigo=5749919
Instituto Nacional de los Pueblos Indígenas. Pueblo Yokot'an o Chontal de Tabasco. https://catalogo.inpi.gob.mx/yokotan-chontal-de-tabasco/
Instituto Nacional de los Pueblos Indígenas. Pueblos y comunidades indígenas y afromexicanas del estado de Tabasco. https://catalogo.inpi.gob.mx/tabasco/
Naciones Unidas. 1992. Convenio sobre la Diversidad Biológica. Texto en español. https://www.cbd.int/doc/legal/cbd-es.pdf
Naciones Unidas. 2015. Transformar nuestro mundo: la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible. https://sdgs.un.org/es/2030agenda
Naciones Unidas. Objetivos de Desarrollo Sostenible. https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/sustainable-development-goals/

Organización de los Estados Americanos. 1940. Convención para la Protección de la Flora, de la Fauna y de las Bellezas Escénicas Naturales de los Países de América. https://www.oas.org/juridico/spanish/tratados/c-8.html
Organización Internacional del Trabajo. 1989. Convenio número 169 sobre Pueblos Indígenas y Tribales en Países Independientes. https://www.ilo.org/es/publications/convention-no-169-spanish
Organización Internacional del Trabajo. Convenio 169 sobre Pueblos Indígenas y Tribales en Países Independientes. Texto completo en español. https://www.ilo.org/public/spanish/region/ampro/lima/publ/conv-169/convenio.shtml
Periódico Oficial del Estado de Tabasco. 2019. Programa de Manejo de la Reserva Ecológica Laguna de las Ilusiones. https://publicacionperiodico.tabasco.gob.mx/documento/1273/firmado_qr.pdf
Periódico Oficial del Estado de Tabasco. 2023. Acuerdo relativo a la ratificación y aplicación de los instrumentos de planeación urbana del municipio de Centro, incluido el Programa Parcial de Desarrollo Urbano del Distrito XIII "Loma de Caballo". https://publicacionperiodico.tabasco.gob.mx/documento/5234/firmado_qr.pdf
Periódico Oficial del Estado de Tabasco. 2023. Programa Municipal de Desarrollo Urbano de Centro, Tabasco. https://publicacionperiodico.tabasco.gob.mx/documento/5198/firmado_qr.pdf
Periódico Oficial del Estado de Tabasco. 2025. Actualización y ratificación de instrumentos y cartografía de planeación urbana del municipio de Centro. https://publicacionperiodico.tabasco.gob.mx/documento/7187/firmado_qr.pdf
Secretaría de Economía. NOM-080-SEMARNAT-1994. Información de vigencia y normalización. https://platiica.economia.gob.mx/normalizacion/nom-080-semarnat-1994/
Secretaría de Salud. 2019. NOM-022-SSA1-2019, Salud ambiental. Criterio para evaluar la calidad del aire ambiente con respecto al dióxido de azufre. https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5568395&fecha=20/08/2019
Secretaría de Salud. 2021. NOM-020-SSA1-2021, Salud ambiental. Criterio para evaluar la calidad del aire ambiente con respecto al ozono. https://dof.gob.mx/nota_detalle_popup.php?codigo=5633956
Secretaría de Salud. 2021. NOM-021-SSA1-2021, Salud ambiental. Criterio para evaluar la calidad del aire ambiente con respecto al monóxido de carbono. https://dof.gob.mx/nota_detalle_popup.php?codigo=5634084
Secretaría de Salud. 2021. NOM-023-SSA1-2021, Salud ambiental. Criterio para evaluar la calidad del aire ambiente con respecto al dióxido de nitrógeno. https://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5633854&fecha=27/10/2021
Secretaría de Salud. 2021. NOM-025-SSA1-2021, Salud ambiental. Criterio para evaluar la calidad del aire ambiente con respecto a partículas suspendidas PM10 y PM2.5. https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5633855&fecha=27/10/2021
Secretaría de Salud. 2022. NOM-127-SSA1-2021, Agua para uso y consumo humano. Límites permisibles de la calidad del agua. https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5650705&fecha=02/05/2022
SEDATU. 2021. Estrategia Nacional de Ordenamiento Territorial 2020–2040. https://www.gob.mx/sedatu/documentos/estrategia-nacional-de-ordenamiento-territorial-de-la-sedatu-2020-2040?idiom=es

SEDATU. 2026. Programa Nacional de Ordenamiento Territorial y Desarrollo Urbano 2026–2030. Diario Oficial de la Federación. https://dof.gob.mx/nota_detalle_popup.php?codigo=5784938

SEMARNAT. 1995. NOM-080-SEMARNAT-1994, que establece los límites máximos permisibles de emisión de ruido proveniente del escape de los vehículos automotores, motocicletas y triciclos motorizados en circulación y su método de medición. https://sidof.segob.gob.mx/notas/docFuente/4866669

SEMARNAT. 1995. NOM-081-SEMARNAT-1994, que establece los límites máximos permisibles de emisión de ruido de las fuentes fijas y su método de medición. https://www.profepa.gob.mx/innovaportal/file/3353/1/nom-081-semarnat-1994.pdf

SEMARNAT. 1998. NOM-002-SEMARNAT-1996, que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales a los sistemas de alcantarillado urbano o municipal. https://dof.gob.mx/nota_detalle_popup.php?codigo=4962356

SEMARNAT. 2006. NOM-052-SEMARNAT-2005, que establece las características, el procedimiento de identificación, clasificación y los listados de los residuos peligrosos. https://dof.gob.mx/nota_detalle_popup.php?codigo=4912592

SEMARNAT. 2010. 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. https://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5173091&fecha=30/12/2010

SEMARNAT. 2012. Acuerdo por el que se expide el Programa de Ordenamiento Ecológico General del Territorio. Diario Oficial de la Federación, 7 de septiembre de 2012. https://dof.gob.mx/nota_detalle_popup.php?codigo=5267334

SEMARNAT. 2013. Acuerdo por el que se modifica el numeral 5.4 de la NOM-081-SEMARNAT-1994. https://dof.gob.mx/nota_detalle_popup.php?codigo=5324105

SEMARNAT. 2015. NOM-041-SEMARNAT-2015, que establece los límites máximos permisibles de emisión de gases contaminantes provenientes del escape de vehículos automotores en circulación que usan gasolina como combustible. https://dof.gob.mx/normasOficiales.php?codp=5713&view=si

SEMARNAT. 2018. NOM-045-SEMARNAT-2017, Protección ambiental. Vehículos en circulación que usan diésel como combustible, límites máximos permisibles de opacidad, procedimiento de prueba y características técnicas del equipo de medición. https://dof.gob.mx/nota_detalle_popup.php?codigo=5515481

SEMARNAT. 2019. Modificación del Anexo Normativo III de la NOM-059-SEMARNAT-2010. https://dof.gob.mx/nota_detalle_popup.php?codigo=5578808

SEMARNAT. 2022. NOM-001-SEMARNAT-2021, que establece los límites permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en cuerpos receptores propiedad de la nación. https://dof.gob.mx/nota_detalle_popup.php?codigo=5645374

SEMARNAT. 2024. Acuerdo por el que se expide la actualización de la Estrategia Nacional de Cambio Climático. Diario Oficial de la Federación. https://dof.gob.mx/nota_detalle_popup.php?codigo=5739992

SEMARNAT. 2025. Estrategia Nacional de Cambio Climático. Visión 10–20–40. Actualización. https://biblioteca.semarnat.gob.mx/janium/Documentos/Ciga/libros2025/CD010201.pdf

SEMARNAT. 2025. Programa Nacional de Restauración Ambiental 2025–2030. https://www.gob.mx/semarnat/restauracionambiental/documentos/programa-nacional-de-restauracion-ambiental-2025-2030

SEMARNAT. 2025. Programa Sectorial de Medio Ambiente y Recursos Naturales 2025–2030. https://dof.gob.mx/nota_detalle_popup.php?codigo=5767440

SEMARNAT. Unidades de Manejo para la Conservación de la Vida Silvestre registradas en México. https://www.datos.gob.mx/dataset/unidades_manejo_conservacion_vida_silvestre

SEMARNAT y CONABIO. 2025. Programa Nacional de Restauración Ambiental 2025–2030. Documento completo. https://www.biodiversidad.gob.mx/media/1/Programa_Nacional_de_Restauraci%C3%B3n_Ambiental_v10_web__1_.pdf

SEMARNAT y Secretaría de Salud. 2013. NOM-138-SEMARNAT/SSA1-2012, Límites máximos permisibles de hidrocarburos en suelos y lineamientos para el muestreo y la remediación. https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5313544&fecha=10/09/2013

STPS. 2002. NOM-011-STPS-2001, Ruido. Condiciones de seguridad e higiene en los centros de trabajo. https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=734536&fecha=17/04/2002

MANIFESTACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL MODALIDAD REGIONAL PARA EL: "PROYECTO INTEGRAL VILLAHERMOSA 2030, PUENTE CARRIZAL"

CAPÍTULO III

DESCRIPCIÓN DE LA REGIÓN ECOLÓGICA Y SEÑALAMIENTO DE LA PROBLEMÁTICA AMBIENTAL DETECTADA

Autorizó	Responsable de la información	Elaboró

INDICE

3. DESCRIPCIÓN DE LA REGIÓN ECOLÓGICA Y SEÑALAMIENTO DE LA PROBLEMÁTICA AMBIENTAL DETECTADA 6

3.1. Flora 6

3.1.1.1. Flora Potencial en el área del Proyecto 8

3.1.1.1. Caracterización de la vegetación. 19

3.1.1.2. Análisis de diversidad de vegetación 24

3.1.1.3. Diversidad de la vegetación del área del Proyecto (AP) 25

3.2. Fauna 47

3.2.1. Fauna potencial en la zona del proyecto 47

3.2.2. Muestreo de Fauna Silvestre 54

3.2.3. Método de muestreo 54

3.2.4. Muestreo en el Área del Proyecto (AP) 59

3.2.4.1. Fauna registrada en campo en el área del proyecto (AP) 59

3.2.4.2. Especies de Fauna en la NOM-059-SEMARNAT-2010 61

3.2.4.3. Índices de Diversidad en el Área del Proyecto (AP) 62

3.2.5. Muestreo en el Área de Influencia (AI) 65

3.2.5.1. Fauna registrada en campo en el Área de Influencia (AI) 65

3.2.5.2. Especies de Fauna en la NOM-059-SEMARNAT-2010 68

3.2.5.3. Índices de Diversidad en el Área de Influencia (AI) 69

3.2.6. Muestreo en la Región Ecológica (RE) 72

3.2.6.1. Fauna registrada en campo en la Región Ecológica (RE) 72

3.2.6.2. Especies de Fauna en la NOM-059-SEMARNAT-2010 76

3.2.6.3. Índices de Diversidad en la Región Ecológica (RE) 77

3.2.7. Conclusión de resultados de Biodiversidad de Fauna Silvestre. 81

ÍNDICE DE IMAGEN

Imagen 1 Ubicación del proyecto en las Regiones Florísticas de México (Rzedowski) 6
Imagen 2 Ubicación del proyecto en los Usos de Suelo y Vegetación Serie VI del INEGI (2017) 8
Imagen 3 Descarga del listado de flora potencial del SNIB de CONABIO. 9
Imagen 4 Ubicación de sitios de muestreo y censo de Flora en el AP. 20
Imagen 5 Ubicación de sitios de muestreo y censo de Flora en el AI y RE. 21
Imagen 6 Delimitación de sitio de muestreo de 100 m2 (Radio de 5.64 m) 22
Imagen 7 Registro y Medición de individuos arbóreos en áreas verdes y jardines 23
Imagen 8 Formas de vida usados para la estratificación de la vegetación 23
Imagen 9 Indicadores para determinar la diversidad de acuerdo a riqueza de especies o estructura del ecosistema 24
Imagen 10 Búsqueda de Fauna, así como huellas y rastros en transectos. 54
Imagen 11 Observación y toma de evidencia de actividad de aves. 55
Imagen 12 Transectos de muestreo para fauna silvestre en AP, AI y RE. 57
Imagen 13 Puntos de observación de fauna silvestre en AP, AI y RE. 58
Imagen 14 Comparación de Riqueza de especies de fauna silvestre en el AP, AI y RE. 81

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Flora de distribución potencial en el poblado de Villahermosa 9
Tabla 2 Coordenadas utm wgs84 Zona 15Q de los sitios de muestreo de flora silvestre del AP. 19
Tabla 3 Coordenadas utm wgs84 Zona 15Q de los sitios de muestreo de flora silvestre del AI y RE. 20
Tabla 4 Categorías de diversidad de Margalef* 25
Tabla 5 Categorías de diversidad de Simpson*. 26
Tabla 6 Índice de Simpson de la vegetación para el estrato arbóreo del área del Proyecto. 27
Tabla 7 Índice de Simpson de la vegetación del estrato arbustivo del área del Proyecto. 27
Tabla 8 Índice de Simpson de la vegetación para el grupo de palmas del área del Proyecto. 28
Tabla 9 Índice de Simpson de la vegetación del estrato de hierbas del área del Proyecto. 28
Tabla 10 Categorías de diversidad de Shannon*. 29
Tabla 11 Categorías de Equitatividad de Pielou*. 30
Tabla 12 Índice de Shannon de la vegetación del estrato arbóreo del área del Proyecto. 30
Tabla 13 Índice de Shannon de la vegetación del estrato arbustivo del área del Proyecto. 31

Tabla 14 Índice de Shannon de la vegetación del grupo de Palmas del área del Proyecto. 31
Tabla 15 Índice de Shannon de la vegetación del grupo de Hierbas del área del Proyecto. 31
Tabla 16 IVI del estrato arbóreo de la vegetación del área del Proyecto. 33
Tabla 17 IVI del estrato arbustivo de la vegetación del área del Proyecto. 34
Tabla 18 IVI de la vegetación del grupo de Palmas del área del Proyecto. 34
Tabla 19 IVI de la vegetación del grupo de hierbas del área del Proyecto. 34
Tabla 20 Índice de Simpson para el estrato arbóreo de la vegetación del Área de Influencia. 35
Tabla 21 Índice de Simpson para el estrato arbustivo de la vegetación del Área de Influencia. 36
Tabla 22 Índice de Simpson de la vegetación para el grupo de palmas del Área de Influencia. 37
Tabla 23 Índice de Simpson de la vegetación para el estrato de hierbas del Área de Influencia. 37
Tabla 24 Índice de Shannon del estrato arbóreo de la vegetación del Área de Influencia. 37
Tabla 25 Índice de Shannon de la vegetación del estrato arbustivo del Área de Influencia. 38
Tabla 26 Índice de Shannon de la vegetación del grupo de Palmas del Área de Influencia. 39
Tabla 27 Índice de Shannon de la vegetación del grupo de Hierbas del Área de Influencia. 39
Tabla 28 IVI de la vegetación del estrato arbóreo del Área de Influencia. 40
Tabla 29 IVI de la vegetación del estrato arbustivo del Área de Influencia. 40
Tabla 30 IVI de la vegetación del grupo de Palmas del Área de Influencia. 41
Tabla 31 IVI de la vegetación del grupo de hierbas del Área de Influencia. 41
Tabla 32. Índice de Simpson de la vegetación del estrato arbóreo de la Región Ecológica. 42
Tabla 33 Índice de Simpson de la vegetación del estrato arbustivo de la Región Ecológica. 43
Tabla 34. Índice de Simpson de la vegetación para el grupo de palmas de la Región Ecológica. 43
Tabla 35 Índice de Simpson de la vegetación para el estrato de hierbas de la Región Ecológica. 43
Tabla 36 Índice de Shannon de la vegetación del estrato arbóreo de la Región Ecológica. 43
Tabla 37 Índice de Shannon de la vegetación del estrato arbustivo de la Región Ecológica. 44
Tabla 38. Índice de Shannon de la vegetación del grupo de Palmas de la Región Ecológica. 44
Tabla 39 Índice de Shannon de la vegetación del grupo de Hierbas de la Región Ecológica. 45
Tabla 40 IVI de la vegetación del estrato arbóreo de la Región Ecológica. 45
Tabla 41 IVI de la vegetación del estrato arbustivo de la Región Ecológica. 45
Tabla 42 IVI de la vegetación del grupo de Palmas de la Región Ecológica. 46
Tabla 43 IVI de la vegetación del grupo de hierbas de la Región Ecológica. 46
Tabla 44 Distribución potencial de Reptiles en un buffer de 3 Km del sitio del proyecto. 47
Tabla 45 Distribución potencial de Anfibios en un buffer de 3 Km del sitio del proyecto. 47
Tabla 46 Distribución potencial de Mamíferos en un buffer de 3 Km del sitio del proyecto. 48



Tabla 47 Distribución potencial de Aves en un buffer de 3 Km del sitio del Proyecto. 48
Tabla 48 Distribución potencial de especies listadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010 por grupo faunístico 52
Tabla 49 Coordenadas UTM WGS84 Zona 14 N, del inicio y final de transectos. 55
Tabla 50 Coordenadas UTM WGS84 Zona 14 N y geográficas de los puntos de observación de aves. 55
Tabla 51 Anfibios y reptiles registrados en el AP. 59
Tabla 52 Mamíferos registrados en el AP. 59
Tabla 53 Listado Aves registradas en el AP. 60
Tabla 54 Fauna presente con alguna categoría en la NOM-059 en el AP. 61
Tabla 55 Índice de diversidad de Simpson, Shannon y Pielou para el grupo de anfibios y reptiles del AP. 62
Tabla 56 Índice de diversidad de Simpson, Shannon y Pielou para el grupo de mamíferos del AP. 63
Tabla 57 Índice de diversidad de Simpson, Shannon y Jacard para el grupo de Aves del AP. 63
Tabla 58 Anfibios y reptiles registrados en el AI. 65
Tabla 59 Mamíferos registrados en el AI. 66
Tabla 60 Listado Aves registradas en el AI. 66
Tabla 61 Fauna presente con alguna categoría en la NOM-059 en el AI. 68
Tabla 62 Índice de diversidad de Simpson, Shannon y Pielou para el grupo de anfibios y reptiles del AI. 69
Tabla 63 Índice de diversidad de Simpson, Shannon y Pielou para el grupo de mamíferos del AI 70
Tabla 64 Índice de diversidad de Simpson, Shannon y Jacard para el grupo de Aves del AI. 71
Tabla 65 Reptiles registrados en la RE. 73
Tabla 66 Mamíferos registrados en la RE. 73
Tabla 67 Listado Aves registradas en la RE. 74
Tabla 68 Fauna presente con alguna categoría en la NOM-059 en la RE. 76
Tabla 69 Índice de diversidad de Simpson, Shannon y Pielou para el grupo de anfibios y reptiles de la RE. 77
Tabla 70 Índice de diversidad de Simpson, Shannon y Pielou para el grupo de mamíferos de la RE. 78
Tabla 71 Índice de diversidad de Simpson, Shannon y Jacard para el grupo de Aves de la RE. 79
Tabla 72 Comparación de índices de diversidad para los diferentes hábitats. 81
Tabla 73 Especies de fauna silvestre listadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010 82

3. DESCRIPCIÓN DE LA REGIÓN ECOLÓGICA Y SEÑALAMIENTO DE LA PROBLEMÁTICA AMBIENTAL DETECTADA

Aspectos Bióticos

3.1. Flora

Biogeográficamente, el sitio del proyecto se encuentra inmerso en la provincia florística denominada Costa del Golfo de México. Ver figura siguiente.

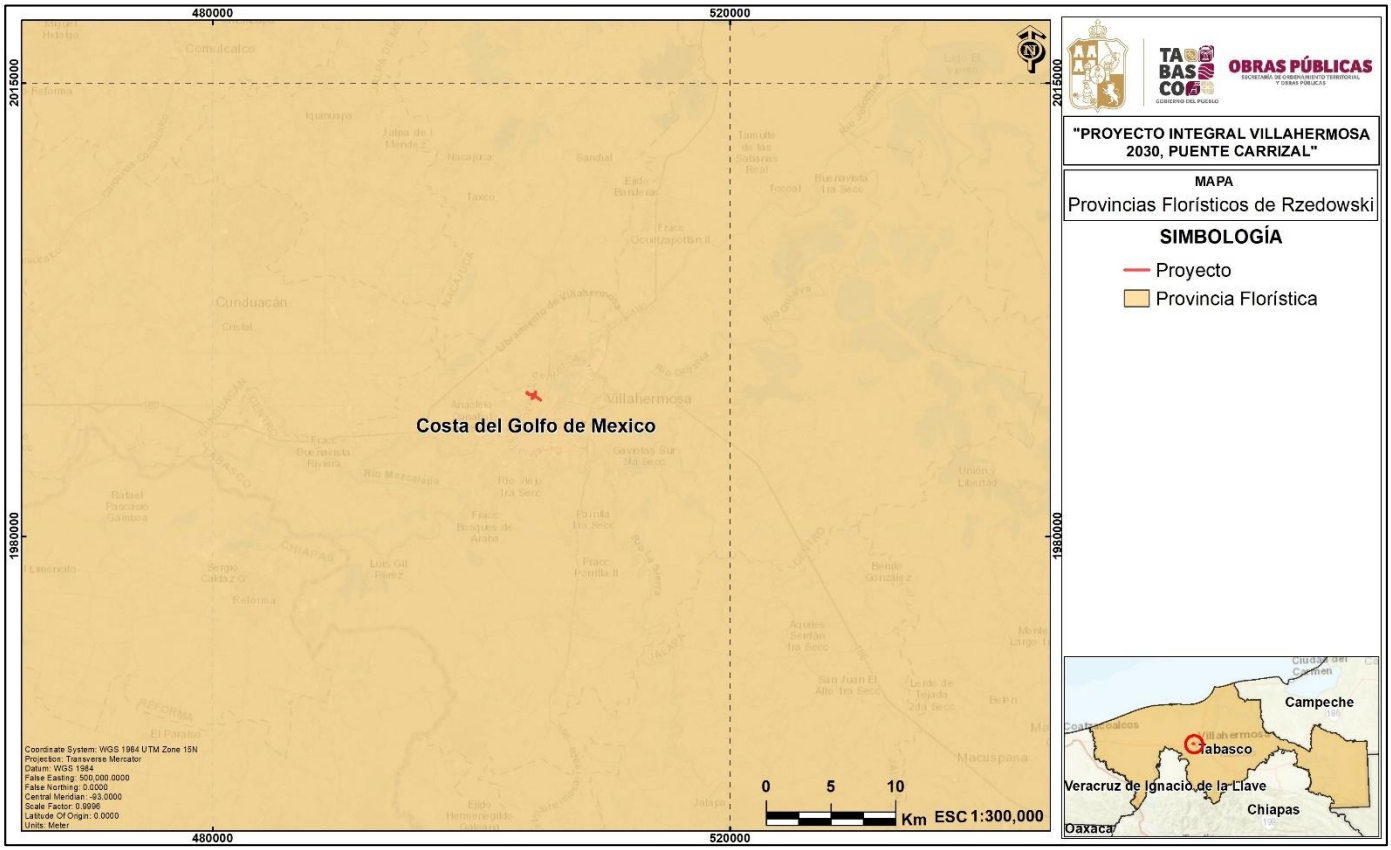


Imagen 1 Ubicación del proyecto en las Regiones Florísticas de México (Rzedowski)

Esta provincia se extiende en forma de una franja continua a lo largo de las partes bajas de los estados de Veracruz y Tabasco, ocupando casi todo su territorio, y además abarca algunas porciones adyacentes de Tamaulipas, San Luis Potosí, Hidalgo, Puebla, Oaxaca, Chiapas y probablemente de Campeche. Un manchón algo aislado parece existir también en el sureste de Tamaulipas. El clima en la mayor parte de su extensión es caliente y húmedo; en las porciones más secas se acentúa la influencia de elementos florísticos afines a la Provincia de la Costa Pacífica y a la Región Xerofítica Mexicana. El tipo de vegetación más ampliamente

difundido es el bosque tropical perennifolio, aunque en algunos sectores se presentan también encinares, diferentes tipos de comunidades hidrófilas, el bosque mesófilo de montaña y el bosque tropical caducifolio (Rzedowski, 2019).

se caracteriza por taxones de angiospermas: *Bursera graveolens* (Burseraceae) y *Tetranema roseum* (Scrophulariaceae); coleópteros: *Pilolabus purpureus* y *P. splendens* (Attelabidae), *Caecossonus sylvaticus* (Curculionidae), *Heterocerus crossi* (Heteroceridae), *Eutrichites veracruzensis* (Pselaphidae), y *Cotinis punctatostriata* y (Scarabaeidae); lepidópteros: *Troilides tolus* (Papilionidae) y *Dismorphia eunoe popoluca* (Pieridae); ortópteros: *Sphenarium m. mexicanum* (Pyrgomorphidae); peces actinopterigios: *Gambusia eurystoma* (Poecilidae); anfibios: *Hyla ebraccata* y *H. microcephala* (Hylidae); escamados: *Celestus eneagramus* (Anguidae), y *Micrurus elegans* y *M. limbatus* (Elapidae); aves: *Caprimulgus maculicaudus* (Caprimulgidae); y mamíferos: *Caluromys derbianus aztecus* (Didelphidae), *Dasyprocta mexicana* (Dasyproctidae) y *Peromyscus leucopus incensus* (Muridae) (Morrone, 2001a; Morrone *et al.,* inéd.)

La provincia del Golfo de México se halla amenazada por la explotación petrolera, la construcción de vías, la expansión de plantaciones de cítricos y banano, la explotación de la vida silvestre, la recolección de leña, los fuegos antropogénicos, el uso recreacional, la caza y los ranchos ganaderos (Dinerstein *et al*., 1995).

Los trazos individuales de *Bursera graveolens* (Fig. 29; datos de Kohlman y Sánchez, 1984) y *Troilides torquatus* (Fig. 30; datos de Llorente *et al.,* 1997) son característicos de esta provincia.

Para conocer los usos de suelo y vegetación se ubicó el proyecto en los datos vectoriales de usos de suelo y vegetación serie VI del INEGI (2017). De acuerdo a esta información, el proyecto se encuentra en uso de suelo considerado como Asentamientos Humanos que corresponde a la ciudad de Villahermosa capital y específicamente a la Avenida Paseo Tabasco. Ver Figura 2.

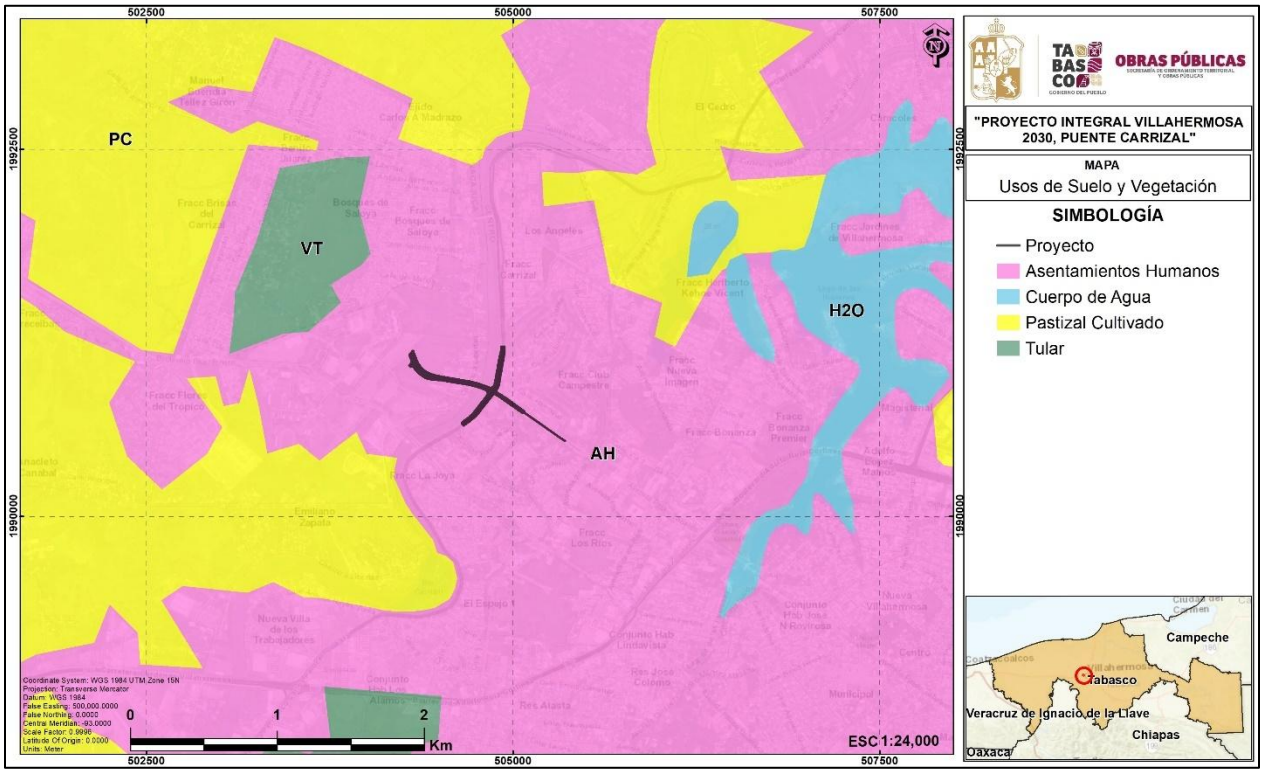


Imagen 2 Ubicación del proyecto en los Usos de Suelo y Vegetación Serie VI del INEGI (2017)

De acuerdo a los usos de suelo y vegetación de acuerdo a la Guía para la Interpretación de Cartografía Uso de Suelo y Vegetación Serie VI, esc. 1:250, 000 del INEGI (2017) la definición del uso de suelo clasificado como Asentamientos Humanos donde se ubica el proyecto es la siguiente:

Asentamientos Humanos. - Área o sitio que no forma parte de la cobertura vegetal ni de las áreas manejadas pero que incide en su distribución nacional. La identificación de estas categorías se basa en la interpretación espacial la temporalidad de las imágenes de satélite y se incluyen como parte de las labores de actualización de la información de Uso del Suelo y Vegetación.

3.1.1.1. Flora Potencial en el área del Proyecto

Para tener una referencia de la biodiversidad del sitio donde se encuentra el proyecto, se consultó la base de datos del Sistema Nacional de Información sobre Biodiversidad (SNIB) de la CONABIO de la flora silvestre del pueblo de Villahermosa. Ver figura siguiente.

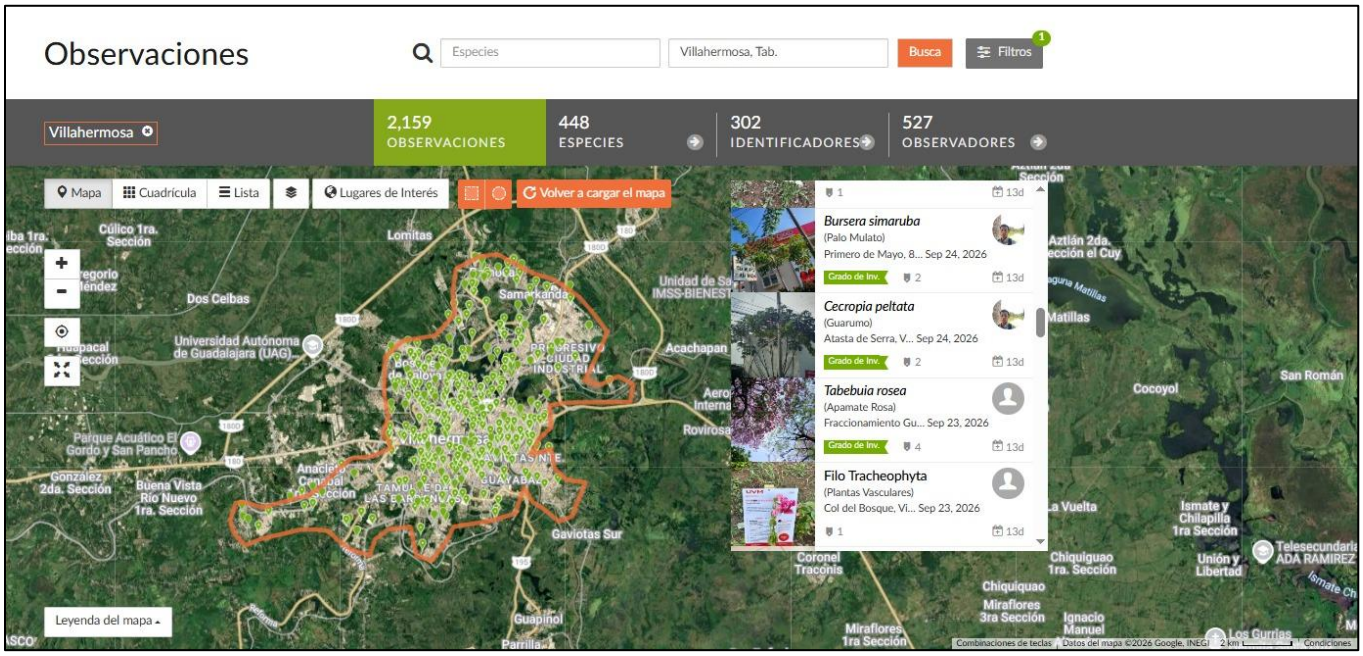


Imagen 3 Descarga del listado de flora potencial del SNIB de CONABIO.

En la siguiente tabla se muestra el listado de flora de distribución potencial en la zona del proyecto con un total de 406 especies.

Tabla 1 Flora de distribución potencial en el poblado de Villahermosa

no.	Familia	Nombre Científico	Nombre Común	Tipo de Distribución	IUCN	NOM 059	CITES
1	Euphorbiaceae	*Acalypha arvensis*	borreguillo	Nativa	LC	-	
2	Asteraceae	*Acmella repens*	Tripa de pollo	Nativa	LC	-	
3	Arecaceae	*Acrocomia aculeata*	Cocoyul	Nativa	LC	-	
4	Pteridaceae	*Acrostichum danaeifolium*	Helecho de playa	Nativa	LC	-	
5	Asparagaceae	*Agave americana*	Maguey Blanco	Nativa	LC	-	
6	Asparagaceae	*Agave angustifolia*	Bacanora	Nativa	LC	-	
7	Asparagaceae	*Agave desmetiana*	Maguey de pita	Nativa		-	
8	Asparagaceae	*Agave salmiana*	Maguey pulquero	Nativa	LC	-	
9	Araceae	*Aglaonema commutatum*	Siempreverde china	Exótica		-	
10	Fabaceae	*Albizia lebbeck*	Acacia amarilla	Exótica	LC	-	
11	Rubiaceae	*Alibertia edulis*	canilla de venado	Nativa	LC	-	
12	Apocynaceae	*Allamanda cathartica*	Copa de oro	Exótica		-	
13	Araceae	*Alocasia macrorrhizos*	Hoja pintada	Exótica	LC	-	
14	Zingiberaceae	*Alpinia purpurata*	Hawaiana	Exótica		-	
15	Fabaceae	*Alysicarpus vaginalis*	Trébol asiático	Exótica	LC	-	
16	Bignoniaceae	*Amphilophium crucigerum*	Bejuco de canoíta	Nativa	LC	-	
17	Anacardiaceae	*Anacardium occidentale*	Marañón	Exótica	LC	-	
18	Bromeliaceae	*Ananas comosus*	Piña	Nativa	LC	-	

no.	Familia	Nombre Científico	Nombre Común	Tipo de Distribución	IUCN	NOM 059	CITES
19	Fabaceae	*Andira inermis*	Maquilla		LC	-	
20	Annonaceae	*Annona glabra*	Anona	Nativa	LC	-	
21	Annonaceae	*Annona muricata*	Guanábana	Nativa	LC	-	
22	Annonaceae	*Annona reticulata*	Chirimoya corazón de buey		LC	-	
23	Araceae	*Anthurium schlechtendalii*	cola de faisán	Nativa	LC	-	
24	Polygonaceae	*Antigonon leptopus*	San Miguelito	Nativa	LC	-	
25	Acanthaceae	*Aphelandra scabra*	Cola de gallo	Nativa	LC	-	
26	Fabaceae	*Arachis pintoi*	Manicillo			-	
27	Fabaceae	*Arachis repens*	(en blanco)			-	
28	Papaveraceae	*Argemone mexicana*	Amapolilla	Nativa	LC	-	
29	Papaveraceae	*Argemone ochroleuca*	Cardo santo	Nativa	LC	-	
30	Asteraceae	*Artemisia ludoviciana*	Estafiate	Nativa	LC	-	
31	Apocynaceae	*Asclepias curassavica*	Algodoncillo tropical	Nativa	LC	-	
32	Apocynaceae	*Asclepias oenotheroides*	hierba de zizotes	Nativa	LC	-	
33	Euphorbiaceae	*Astraea lobata*	(en blanco)	Nativa	LC	-	
34	Arecaceae	*Attalea butyracea*	Corozo de marrano	Nativa	LC	-	
35	Meliaceae	*Azadirachta indica*	Neem de la India	Exótica	LC	-	
36	Asteraceae	*Baccharis pilularis*	Arbusto del coyote	Nativa	LC	-	
37	Poaceae	*Bambusa vulgaris*	Bambú asiático	Exótica		-	
38	Fabaceae	*Bauhinia monandra*	Orquídea de árbol	Exótica	LC	-	
39	Fabaceae	*Bauhinia variegata*	Pata asiática de vaca	Exótica	LC	-	
40	Asteraceae	*Bellis perennis*	Margarita común europea	Exótica	LC	-	
41	Asteraceae	*Bidens alba*	aceitilla blanca	Nativa		-	
42	Bixaceae	*Bixa orellana*	Achiote	Nativa	LC	-	
43	Nyctaginaceae	*Boerhavia coccinea*	Abrojo rojo	Nativa		-	
44	Nyctaginaceae	*Boerhavia erecta*	golondrina	Nativa		-	
45	Nyctaginaceae	*Bougainvillea glabra*	Bugambilia mamey	Exótica		-	
46	Rubiaceae	*Bouvardia ternifolia*	Trompetilla Colorada	Nativa		-	
47	Bromeliaceae	*Bromelia karatas*	Aguama	Nativa		-	
48	Moraceae	*Brosimum alicastrum*	Apomo, mojote, ramón	Nativa	LC	-	
49	Burseraceae	*Bursera simaruba*	Palo mulato	Nativa	LC	-	
50	Buxaceae	*Buxus microphylla*	Boj japonés siemprevivo	Exótica		-	
51	Malpighiaceae	*Byrsonima crassifolia*	nananche	Nativa	LC	-	
52	Fabaceae	*Caesalpinia pulcherrima*	Bigotillo	Nativa	LC	-	
53	Marantaceae	*Calathea lutea*	Gadetea	Nativa		-	
54	Malpighiaceae	*Callaeum macropterum*	Bejuco prieto	Nativa	LC	-	
55	Fabaceae	*Calliandra houstoniana*	Barba de viejo	Nativa	LC	-	
56	Commelinaceae	*Callisia fragrans*	Falsa bromelia	Nativa		-	
57	Calymperaceae	*Calymperes palisotii*	(en blanco)	Nativa		-	
58	Convolvulaceae	*Camonea umbellata*	Moradilla	Nativa		-	
59	Fabaceae	*Canavalia rosea*	Frijol de playa	Nativa	LC	-	
60	Cannaceae	*Canna indica*	Bandera española	Exótica		-	



no.	Familia	Nombre Científico	Nombre Común	Tipo de Distribución	IUCN	NOM 059	CITES
61	Capparaceae	*Capparidastrum frondosum*	(en blanco)	Nativa	LC	-	
62	Solanaceae	*Capsicum annuum*	Chile	Nativa	LC	-	
63	Solanaceae	*Capsicum chinense*	Chile habanero	Nativa		-	
64	Caricaceae	*Carica papaya*	Papaya	Nativa	DD	-	
65	Apocynaceae	*Cascabela ovata*	Torito	Nativa	LC	-	
66	Apocynaceae	*Cascabela thevetia*	Venenillo	Nativa	LC	-	
67	Moraceae	*Castilla elastica*	Árbol de hule	Nativa	LC	-	
68	Orchidaceae	*Catasetum integerrimum*	Orquídea cola de pato	Nativa		-	Apéndice II
69	Apocynaceae	*Catharanthus roseus*	Jabonera de Madagascar	Exótica		-	
70	Urticaceae	*Cecropia obtusifolia*	Guarumo	Nativa	LC	-	
71	Urticaceae	*Cecropia peltata*	Yarumo	Nativa	LC	-	
72	Malvaceae	*Ceiba aesculifolia*	Pochote	Nativa	LC	-	
73	Malvaceae	*Ceiba pentandra*	Ceiba	Nativa	LC	-	
74	Amaranthaceae	*Celosia argentea*	Flor africana de terciopelo	Exótica	LC	-	
75	Poaceae	*Cenchrus echinatus*	Zacate cadillo	Nativa	LC	-	
76	Fabaceae	*Centrosema pubescens*	Gallitos	Nativa		-	
77	Fabaceae	*Chamaecrista nictitans*	guajito	Nativa		-	
78	Poaceae	*Chloris barbata*	Pasto con dedos	Exótica		-	
79	Fabaceae	*Chloroleucon mangense*	Palo fierro	Nativa	LC	-	
80	Arecaceae	*Chrysalidocarpus lutescens*	palma areca	Exótica	NT	-	
81	Chrysobalanaceae	*Chrysobalanus icaco*	Ciruela blanca	Nativa	LC	-	
82	Sapotaceae	*Chrysophyllum cainito*	Caimito	Exótica		-	
83	Iridaceae	*Cipura campanulata*	Cebolla de zopilote	Nativa		-	
84	Rutaceae	*Citrus deliciosa*	Mandarina	Nativa		-	
85	Cladophoraceae	*Cladophora glomerata*	(en blanco)	Nativa		-	
86	Cleomaceae	*Cleome spinosa*	planta araña	Nativa		-	
87	Cleomaceae	*Cleome viscosa*	cola de rata	Exótica		-	
88	Fabaceae	*Clitoria ternatea*	Conchita asiática azul	Exótica		-	
89	Euphorbiaceae	*Cnidoscolus aconitifolius*	Mala mujer	Nativa	LC	-	
90	Polygonaceae	*Coccoloba barbadensis*	Roble de la costa	Nativa	LC	-	
91	Polygonaceae	*Coccoloba uvifera*	Uvero	Nativa	LC	-	
92	Bixaceae	*Cochlospermum vitifolium*	Rosa amarilla	Nativa	LC	-	
93	Arecaceae	*Cocos nucifera*	Cocotero	Exótica		-	
94	Fabaceae	*Cojoba arborea*	Aguacillo	Nativa	LC		
95	Lamiaceae	*Coleus amboinicus*	orégano brujo	Exótica			
96	Combretaceae	*Combretum fruticosum*	Bejuco colorado	Nativa			
97	Commelinaceae	*Commelina erecta*	Cantillo	Nativa			
98	Boraginaceae	*Cordia collococca*	Candelero	Nativa	LC		
99	Boraginaceae	*Cordia sebestena*	Anacahuite	Nativa	LC		
100	Asteraceae	*Cosmos caudatus*	estrella de mar	Endémica			
101	Asteraceae	*Cosmos sulphureus*	Mirasol amarillo	Nativa			
102	Costaceae	*Costus pulverulentus*	Caña de indio	Nativa			

no.	Familia	Nombre Científico	Nombre Común	Tipo de Distribución	IUCN	NOM 059	CITES
103	Costaceae	*Costus scaber*	Cañafuerte	Nativa			
104	Chrysobalanaceae	*Couepia polyandra*	palo de fraile	Nativa	LC		
105	Capparaceae	*Crateva tapia*	Manzana de playa	Nativa	LC		
106	Bignoniaceae	*Crescentia cujete*	Tecomate	Nativa	LC		
107	Amaryllidaceae	*Crinum asiaticum*	Lirio listado	Exótica			
108	Fabaceae	*Crotalaria pumila*	Chipil	Nativa			
109	Cucurbitaceae	*Cucumis melo*	Melón	Exótica			
110	Sapindaceae	*Cupania dentata*	Quiebra cuchillo	Nativa	LC		
111	Lythraceae	*Cuphea hyssopifolia*	Falso brezo mexicano	Nativa			
112	Cupressaceae	*Cupressus sempervirens*	ciprés mediterráneo	Exótica			
113	Asteraceae	*Cyanthillium cinereum*	Pequeña hierba asiática de hierro	Exótica			
114	Poaceae	*Cymbopogon citratus*	pasto limón	Exótica			
115	Cyperaceae	*Cyperus imbricatus*	(en blanco)	Nativa	LC		
116	Cyperaceae	*Cyperus odoratus*	Hierba del zopilote	Nativa	LC		
117	Fabaceae	*Dalbergia brownei*	Cruceta	Nativa	LC		Apéndice II
118	Solanaceae	*Datura metel*	Manto de cristo	Exótica			
119	Cactaceae	*Deamia testudo*	Pitayita nocturna de tortuga	Nativa	LC		Apéndice II
120	Fabaceae	*Delonix regia*	Framboyán de Madagascar	Exótica	LC		
121	Fabaceae	*Desmodium incanum*	Amor seco	Nativa			
122	Fabaceae	*Desmodium scorpiurus*	(en blanco)	Nativa			
123	Fabaceae	*Desmodium tortuosum*	cadillo	Nativa			
124	Fabaceae	*Dialium guianense*	palo de lacandón	Nativa	LC		
125	Poaceae	*Dichanthium annulatum*	Zacate angleton	Exótica			
126	Araceae	*Dieffenbachia seguine*	Hoja de coche	Nativa		A	
127	Asparagaceae	*Dracaena fragrans*	Tronco de Brasil	Exótica			
128	Verbenaceae	*Duranta erecta*	Coralillo	Nativa	LC		
129	Poaceae	*Echinochloa colona*	arroz del monte	Exótica	LC		
130	Alismataceae	*Echinodorus subalatus*	cucharero	Nativa			
131	Arecaceae	*Elaeis guineensis*	Palma aceitera africana	Exótica			
132	Cyperaceae	*Eleocharis geniculata*	Cebollín	Nativa	LC		
133	Iridaceae	*Eleutherine latifolia*	(en blanco)	Nativa			
134	Asteraceae	*Emilia fosbergii*	Clavelillo africano	Exótica			
135	Asteraceae	*Emilia sonchifolia*	pincel	Exótica			
136	Fabaceae	*Entada polystachia*	Bejuco prieto	Nativa	LC		
137	Fabaceae	*Enterolobium cyclocarpum*	Guanacaste	Nativa	LC		
138	Asteraceae	*Erigeron laevigatus*	Manzanilla de hojas lisas	Nativa			
139	Erpodiaceae	*Erpodium domingense*	(en blanco)	Nativa			
140	Fabaceae	*Erythrina fusca*	Madre de agua	Nativa	LC		
141	Myrtaceae	*Eugenia uniflora*	Pitanga	Exótica	LC		
142	Orchidaceae	*Eulophia maculata*	Orquídea monja africana	Exótica			
143	Euphorbiaceae	*Euphorbia hirta*	golondrina	Nativa			Apéndice II
144	Euphorbiaceae	*Euphorbia hyssopifolia*	hierba de la golondrina	Nativa	LC		

no.	Familia	Nombre Científico	Nombre Común	Tipo de Distribución	IUCN	NOM 059	CITES
145	Euphorbiaceae	*Euphorbia nutans*	Candelilla	Nativa	LC		Apéndice II
146	Euphorbiaceae	*Euphorbia thymifolia*	golondrina	Nativa			Apéndice II
147	Euphorbiaceae	*Euphorbia tirucalli*	Árbol africano de goma	Exótica			Apéndice II
148	Boraginaceae	*Euploca procumbens*	Cola de alacrán	Nativa	LC		
149	Convolvulaceae	*Evolvulus nummularius*	Agracejo rastrero	Nativa			
150	Moraceae	*Ficus aurea*	Amate dorado	Nativa	LC		
151	Moraceae	*Ficus benjamina*	Laurel de la India	Exótica			
152	Moraceae	*Ficus crocata*	chalate	Nativa	LC		
153	Moraceae	*Ficus insipida*	Higuera blanca, matapalo	Nativa			
154	Moraceae	*Ficus obtusifolia*	higuerilla	Nativa	LC		
155	Moraceae	*Ficus pertusa*	Amatillo	Nativa	LC		
156	Fissidentaceae	*Fissidens bryoides*	(en blanco)	Nativa			
157	Rubiaceae	*Genipa americana*	Jagua	Nativa	LC		
158	Asteraceae	*Gerbera jamesonii*	Gerbera	Nativa			
159	Verbenaceae	*Glandularia bipinnatifida*	Alfombrilla de campo	Nativa			
160	Fabaceae	*Gliricidia sepium*	Cacahuananche	Nativa	LC		
161	Lamiaceae	*Gmelina arborea*	Melina	Exótica			
162	Amaranthaceae	*Gomphrena serrata*	Amor seco	Nativa			
163	Malvaceae	*Gossypium hirsutum*	Algodón mexicano	Nativa	VU	Pr	
164	Fabaceae	*Grona adscendens*	Amor seco	Nativa	LC		
165	Fabaceae	*Grona triflora*	hierba cuartillo	Nativa			
166	Malvaceae	*Guazuma ulmifolia*	Guásima	Nativa	LC		
167	Asteraceae	*Gymnocoronis latifolia*	(en blanco)	Nativa			
168	Fabaceae	*Haematoxylum campechianum*	Palo de Campeche	Nativa	LC		
169	Malvaceae	*Hampea rovirosae*	(en blanco)	Nativa	LC		
170	Malvaceae	*Hampea trilobata*	majagua	Nativa	LC		
171	Bignoniaceae	*Handroanthus chrysanthus*	Guayacán	Nativa	VU	A	Apéndice II
172	Bignoniaceae	*Handroanthus guayacan*	Guayacán, cortéz	Nativa	LC		Apéndice II
173	Zingiberaceae	*Hedychium coronarium*	Jazmín	Exótica	DD		
174	Asteraceae	*Helianthus annuus*	Girasol	Nativa	LC		
175	Heliconiaceae	*Heliconia latispatha*	Ave del paraíso	Nativa			
176	Heliconiaceae	*Heliconia psittacorum*	Avecilla	Nativa			
177	Heliconiaceae	*Heliconia rostrata*	Lorito	Exótica			
178	Boraginaceae	*Heliotropium indicum*	Cola de alacrán	Nativa			
179	Costaceae	*Hellenia speciosa*	Caña agria				
180	Cupressaceae	*Hesperocyparis lusitanica*	cedro blanco	Nativa	LC	Pr	
181	Campanulaceae	*Hippobroma longiflora*	Estrellita	Exótica			
182	Chrysobalanaceae	*Hirtella racemosa*	escobilla	Nativa	LC		
183	Araliaceae	*Hydrocotyle umbellata*	Ombligo de Venus	Nativa	LC		
184	Araliaceae	*Hydrocotyle verticillata*	Ombligo de Venus	Nativa	LC		
185	Hydroleaceae	*Hydrolea spinosa*	Yerba de la Potra	Nativa			
186	Amaryllidaceae	*Hymenocallis littoralis*	Azucena de agua	Nativa			

no.	Familia	Nombre Científico	Nombre Común	Tipo de Distribución	IUCN	NOM 059	CITES
187	Pottiaceae	*Hyophila involuta*	(en blanco)	Nativa			
188	Balsaminaceae	*Impatiens hawkeri*	Alegría guineana	Exótica			
189	Balsaminaceae	*Impatiens walleriana*	Belén africana	Exótica			
190	Fabaceae	*Inga edulis*	Guama	Exótica	LC		
191	Fabaceae	*Inga vera*	Jinicuil	Nativa	LC		
192	Convolvulaceae	*Ipomoea alba*	Amole	Nativa	LC		
193	Convolvulaceae	*Ipomoea crinicalyx*	Campanilla lila	Nativa			
194	Convolvulaceae	*Ipomoea hederifolia*	frijolillo	Nativa			
195	Convolvulaceae	*Ipomoea indica*	bejuco blanco	Nativa			
196	Convolvulaceae	*Ipomoea trifida*	Trompetilla rosa	Nativa	LC		
197	Convolvulaceae	*Ipomoea triloba*	Amole				
198	Rubiaceae	*Ixora casei*	(en blanco)	Nativa	LC		
199	Rubiaceae	*Ixora finlaysoniana*	(en blanco)	Exótica			
200	Euphorbiaceae	*Jatropha gossypiifolia*	Túa túa	Nativa	LC		
201	Euphorbiaceae	*Jatropha multifida*	Planta de coral	Nativa	LC		
202	Cupressaceae	*Juniperus coahuilensis*	junípero	Nativa	LC		
203	Crassulaceae	*Kalanchoe delagoensis*	Kalanchoe de Madagascar	Exótica			
204	Zygophyllaceae	*Kallstroemia maxima*	Abrojo de flor amarilla	Nativa			
205	Verbenaceae	*Lantana achyranthifolia*	Hierba mariposa	Nativa			
206	Verbenaceae	*Lantana camara*	Cinco negritos	Nativa			
207	Lejeuneaceae	*Lejeunea flava*	musgo césped	Nativa			
208	Fabaceae	*Leptospron adenanthum*	Poroto del Campo	Nativa	LC	-	-
209	Fabaceae	*Leucaena leucocephala*	Tepeguaje dormilón	Nativa	LC	-	-
210	Asteraceae	*Leucanthemum maximum*	Margarita euroasiática	Exótica	NE	-	-
211	Scrophulariaceae	*Leucophyllum frutescens*	Cenizo	Nativa	NE	-	-
212	Verbenaceae	*Lippia alba*	Salvia sija	Nativa	NE	-	-
213	Onagraceae	*Ludwigia octovalvis*	Calavera	Nativa	LC	-	-
214	Lygodiaceae	*Lygodium venustum*	(en blanco)	Nativa	LC	-	-
215	Primulaceae	*Lysimachia arvensis*	Jabonera europea	Exótica	LC	-	-
216	Fabaceae	*Macroptilium atropurpureum*	Chorequillo	Nativa	LC	-	-
217	Fabaceae	*Macroptilium lathyroides*	frijolillo de monte	Nativa	LC	-	-
218	Malvaceae	*Malachra capitata*	Malva tropical	Nativa	LC	-	-
219	Malvaceae	*Malvastrum coromandelianum*	Escobillo	Nativa	LC	-	-
220	Malvaceae	*Malvaviscus arboreus*	Altea	Nativa	LC	-	-
221	Malvaceae	*Malvaviscus penduliflorus*	San Joaquín	Nativa	NE	-	-
222	Anacardiaceae	*Mangifera indica*	Mango	Exótica	DD	-	-
223	Sapotaceae	*Manilkara zapota*	Chicozapote	Nativa	LC	-	-
224	Bignoniaceae	*Mansoa alliacea*	Osmeca	Exótica	NE	-	-
225	Plantaginaceae	*Mecardonia procumbens*	hoja de quebranto	Nativa	LC	-	-
226	Poaceae	*Megathyrsus maximus*	Camalote	Exótica	NE	-	-
227	Asteraceae	*Melampodium divaricatum*	Acahual amarillo	Nativa	NE	-	-
228	Asteraceae	*Melanthera nivea*	Totolquelite	Nativa	NE	-	-

no.	Familia	Nombre Científico	Nombre Común	Tipo de Distribución	IUCN	NOM 059	CITES
229	Sapindaceae	*Melicoccus oliviformis*	Guaya, huaya silvestre	Nativa	LC	-	-
230	Poaceae	*Melinis repens*	Pasto africano rosado	Exótica	NE	-	-
231	Malvaceae	*Melochia pyramidata*	escobilla	Nativa	LC	-	-
232	Cucurbitaceae	*Melothria pendula*	Sandía de ratón	Nativa	LC	-	-
233	Lamiaceae	*Mentha spicata*	hierbabuena arodi	Exótica	LC	-	-
234	Melastomataceae	*Miconia argentea*	Capulincillo, cuero de vaca	Nativa	LC	-	-
235	Polypodiaceae	*Microgramma lycopodioides*	(en blanco)	Nativa	LC	-	-
236	Polypodiaceae	*Microgramma nitida*	lengua de ciervo	Nativa	NE	-	-
237	Polypodiaceae	*Microgramma vacciniifolia*	(en blanco)	Exótica	NE	-	-
238	Polypodiaceae	*Microsorum scolopendria*	(en blanco)	Exótica	NE	-	-
239	Asteraceae	*Mikania micrantha*	bejuco de criatura	Nativa	LC	-	-
240	Fabaceae	*Mimosa pigra*	Zarza negra	Nativa	LC	-	-
241	Fabaceae	*Mimosa pudica*	Dormilona	Nativa	LC	-	-
242	Nyctaginaceae	*Mirabilis jalapa*	Maravilla	Nativa	NE	-	-
243	Cucurbitaceae	*Momordica charantia*	Pepino cimarrón	Exótica	LC	-	-
244	Annonaceae	*Monoon longifolium*	Árbol mástil	Exótica	LC	-	-
245	Araceae	*Monstera deliciosa*	Mano de léon	Nativa	LC	-	-
246	Rubiaceae	*Morinda royoc*	piñuela	Nativa	LC	-	-
247	Moringaceae	*Moringa oleifera*	Moringa de la India	Exótica	LC	-	-
248	Muntingiaceae	*Muntingia calabura*	Capulín	Nativa	LC	-	-
249	Musaceae	*Musa acuminata*	Plátano malayo	Exótica	LC	-	-
250	Musaceae	*Musa ornata*	Plátano ornamental asiático	Exótica	LC	-	-
251	Nyctaginaceae	*Neea psychotrioides*	Palo pozole	Nativa	NE	-	-
252	Nephrolepidaceae	*Nephrolepis biserrata*	cola de pescado	Nativa	LC	-	-
253	Nephrolepidaceae	*Nephrolepis brownii*	mañanguí	Exótica	NE	-	-
254	Nephrolepidaceae	*Nephrolepis falcata*	(en blanco)	Exótica	NE	-	-
255	Nymphaeaceae	*Nymphaea ampla*	Flor de agua	Nativa	LC	-	-
256	Lamiaceae	*Ocimum basilicum*	Albahaca blanca	Exótica	LC	-	-
257	Lamiaceae	*Ocimum campechianum*	Albahaca de monte	Nativa	LC	-	-
258	Lamiaceae	*Ocimum carnosum*	albaca	Nativa	NE	-	-
259	Lamiaceae	*Ocimum tenuiflorum*	Albahaca	Exótica	LC	-	-
260	Octoblepharaceae	*Octoblepharum albidum*	(en blanco)	Nativa	NE	-	-
261	Acanthaceae	*Odontonema callistachyum*	Canutillo	Nativa	NE	-	-
262	Cactaceae	*Opuntia cochenillifera*	Nopal de la cochinilla	Nativa	DD	-	Apéndice II
263	Fabaceae	*Ormosia macrocalyx*	colorín	Nativa	LC	P	-
264	Oxalidaceae	*Oxalis frutescens*	Hierba cancerina	Nativa	LC	-	-
265	Oxalidaceae	*Oxalis latifolia*	Acederilla	Nativa	LC	-	-
266	Malvaceae	*Pachira aquatica*	Zapote de agua	Nativa	LC	-	-
267	Apocynaceae	*Pachypodium lamerei*	Palma de Madagascar	Exótica	LC	-	Apéndice II
268	Bignoniaceae	*Parmentiera aculeata*	Cuachilote	Nativa	LC	-	-
269	Asteraceae	*Parthenium hysterophorus*	Hierba del golpe	Nativa	LC	-	-
270	Poaceae	*Paspalum notatum*	Pasto estrella	Nativa	LC	-	-

no.	Familia	Nombre Científico	Nombre Común	Tipo de Distribución	IUCN	NOM 059	CITES
271	Passifloraceae	*Passiflora ciliata*	Maracuyá	Nativa	NE	-	-
272	Passifloraceae	*Passiflora foetida*	Maracuyá silvestre	Nativa	LC	-	-
273	Passifloraceae	*Passiflora lanuginosa*	Flor escarlata de la pasión	Nativa	NE	-	-
274	Passifloraceae	*Passiflora serratifolia*	granadilla	Nativa	NE	-	-
275	Passifloraceae	*Passiflora sexocellata*	hoja de murciélago	Nativa	NE	-	-
276	Rubiaceae	*Pentas lanceolata*	Estrella egipcia	Exótica	NE	-	-
277	Lauraceae	*Persea americana*	Aguacate	Nativa	LC	-	-
278	Verbenaceae	*Petrea volubilis*	Bejuco de ajo	Nativa	LC	-	-
279	Araceae	*Philodendron hederaceum*	camote de sargotín	Nativa	LC	-	-
280	Araceae	*Philodendron radiatum*	Jingibrina	Nativa	LC	-	-
281	Arecaceae	*Phoenix roebelenii*	palma robelina	Exótica	DD	-	-
282	Phyllanthaceae	*Phyllanthus amarus*	Chancapiedra	Nativa	LC	-	-
283	Phyllanthaceae	*Phyllanthus urinaria*	Viernes Santo	Exótica	LC	-	-
284	Poaceae	*Phyllostachys aurea*	Bambú dorado	Exótica	NE	-	-
285	Picramniaceae	*Picramnia antidesma*	Chililllo	Nativa	LC	-	-
286	Urticaceae	*Pilea microphylla*	Falso helecho de arroz	Nativa	LC	-	-
287	Myrtaceae	*Pimenta dioica*	Pimienta gorda	Nativa	LC	-	-
288	Pinaceae	*Pinus strobus*	pino blanco americano	Nativa	EN	Pr	-
289	Salicaceae	*Piparea dentata*	(en blanco)	Nativa	NE	-	-
290	Piperaceae	*Piper amalago*	Cordoncillo hoja	Nativa	LC	-	-
291	Piperaceae	*Piper auritum*	Hierba santa	Nativa	LC	-	-
292	Piperaceae	*Piper tuberculatum*	(en blanco)	Nativa	LC	-	-
293	Araceae	*Pistia stratiotes*	lechuguilla de agua	Nativa	LC	-	-
294	Fabaceae	*Pithecellobium dulce*	Guamúchil	Nativa	LC	-	-
295	Fabaceae	*Pithecellobium lanceolatum*	Conchil	Nativa	LC	-	-
296	Cupressaceae	*Platycladus orientalis*	Tuya asiática	Exótica	NT	-	-
297	Polypodiaceae	*Pleopeltis michauxiana*	Helecho de la resurrección	Nativa	NE	-	-
298	Polypodiaceae	*Pleopeltis polypodioides*	Helecho siempre vivo	Nativa	LC	-	-
299	Plumbaginaceae	*Plumbago auriculata*	embeleso	Exótica	LC	-	-
300	Apocynaceae	*Plumeria rubra*	Flor de Mayo	Nativa	LC	-	-
301	Araliaceae	*Polyscias guilfoylei*	Aralia esqueje	Exótica	NE	-	-
302	Violaceae	*Pombalia glabra*	Quelite	Nativa	LC	-	-
303	Pontederiaceae	*Pontederia cordata*	Espigas de agua	Nativa	LC	-	-
304	Pontederiaceae	*Pontederia crassipes*	Lirio acuático sudamericano	Exótica	LC	-	-
305	Pontederiaceae	*Pontederia sagittata*	Platanillo	Nativa	LC	-	-
306	Portulacaceae	*Portulaca oleracea*	Verdolaga euroasiática	Nativa	LC	-	-
307	Sapotaceae	*Pouteria sapota*	Mamey zapote	Nativa	LC	-	-
308	Verbenaceae	*Priva lappulacea*	Cadillo de bolsa	Nativa	LC	-	-
309	Orchidaceae	*Prosthechea cochleata*	Orquídea Pulpito	Nativa	LC	-	Apéndice II
310	Rosaceae	*Prunus webbii*	Almendro mediterráneo	Exótica	DD	-	-
311	Fabaceae	*Pseudalbizzia niopoides*	Anchico blanco	Nativa	LC	-	-
312	Malvaceae	*Pseudobombax ellipticum*	Clavellina	Nativa	LC	-	-



no.	Familia	Nombre Científico	Nombre Común	Tipo de Distribución	IUCN	NOM 059	CITES
313	Fabaceae	*Pseudosamanea guachapele*	Guaje de zope	Exótica	LC	-	-
314	Myrtaceae	*Psidium guajava*	Guayaba dulce	Nativa	LC	-	-
315	Pteridaceae	*Pteris vittata*	helecho chino	Exótica	LC	-	-
316	Apocynaceae	*Rauvolfia tetraphylla*	Chililllo	Nativa	LC	-	-
317	Orchidaceae	*Rhyncholaelia digbyana*	Orquídea blanca yucateca	Nativa	LC	Pr	Apéndice II
318	Orchidaceae	*Rhyncholaelia glauca*	(en blanco)	Nativa	LC	Pr	Apéndice II
319	Euphorbiaceae	*Ricinus communis*	higuerilla	Exótica	NE	-	-
320	Petiveriaceae	*Rivina humilis*	Bajatripa	Nativa	LC	-	-
321	Bignoniaceae	*Roseodendron donnell-smithii*	Primavera	Nativa	LC	-	-
322	Arecaceae	*Roystonea dunlapiana*	Palma real mexicana	Nativa	EN	Pr	-
323	Acanthaceae	*Ruellia blechum*	Camarón	Nativa	LC	-	-
324	Acanthaceae	*Ruellia nudiflora*	hierba de la calentura	Nativa	NE	-	-
325	Acanthaceae	*Ruellia simplex*	Petunia mexicana	Nativa	NE	-	-
326	Plantaginaceae	*Russelia equisetiformis*	Arete panameño	Nativa	NE	-	-
327	Arecaceae	*Sabal mexicana*	Apachite, huano	Nativa	LC	-	-
328	Orchidaceae	*Sacoila lanceolata*	orquidea terciopelo morado	Nativa	LC	-	Apéndice II
329	Alismataceae	*Sagittaria lancifolia*	cola de golondrina	Nativa	LC	-	-
330	Celastraceae	*Salacia cordata*	(en blanco)	Nativa	NE	-	-
331	Salicaceae	*Salix babylonica*	sauce llorón	Exótica	LC	-	-
332	Salicaceae	*Salix humboldtiana*	Sauce colorado	Nativa	LC	-	-
333	Lamiaceae	*Salvia farinacea*	Mirto morado	Nativa	NE	-	-
334	Lamiaceae	*Salvia rosmarinus*	Romero	Exótica	LC	-	-
335	Fabaceae	*Samanea saman*	cenicero	Exótica	LC	-	-
336	Cactaceae	*Selenicereus undatus*	Pitahaya	Nativa	DD	-	Apéndice II
337	Fabaceae	*Senna alata*	Mazorquilla	Nativa	LC	-	-
338	Fabaceae	*Senna didymobotrya*	Retama africana	Exótica	LC	-	-
339	Fabaceae	*Senna occidentalis*	Candelilla chica	Nativa	LC	-	-
340	Fabaceae	*Senna reticulata*	guacamayo	Nativa	LC	-	-
341	Fabaceae	*Sesbania herbacea*	Cáñamo de río	Nativa	LC	-	-
342	Poaceae	*Setaria parviflora*	Zacate sedoso	Nativa	LC	-	-
343	Cucurbitaceae	*Sicydium tamnifolium*	Sandía de culebra	Nativa	NE	-	-
344	Malvaceae	*Sida rhombifolia*	tlalamate	Nativa	LC	-	-
345	Simaroubaceae	*Simarouba glauca*	Aceituno	Nativa	LC	-	-
346	Solanaceae	*Solandra maxima*	Copa de oro	Nativa	NE	-	-
347	Solanaceae	*Solanum americanum*	hierba mora	Nativa	LC	-	-
348	Solanaceae	*Solanum campechiense*	Tomate cimarrón	Nativa	LC	-	-
349	Solanaceae	*Solanum diphyllum*	solimán	Nativa	LC	-	-
350	Solanaceae	*Solanum nigrescens*	hierba mora	Nativa	LC	-	-
351	Solanaceae	*Solanum torvum*	berenjenita cimarrona	Nativa	LC	-	-
352	Solanaceae	*Solanum umbellatum*	Barba de chivo	Nativa	LC	-	-
353	Poaceae	*Sorghum halepense*	Zacate Johnson	Exótica	LC	-	-
354	Rubiaceae	*Spermacoce verticillata*	Culantrillo	Nativa	LC	-	-



no.	Familia	Nombre Científico	Nombre Común	Tipo de Distribución	IUCN	NOM 059	CITES
355	Asteraceae	*Sphagneticola trilobata*	Botoncillo	Nativa	LC	-	-
356	Anacardiaceae	*Spondias mombin*	Jobo	Nativa	LC	-	-
357	Anacardiaceae	*Spondias purpurea*	ciruela de huesito	Nativa	LC	-	-
358	Poaceae	*Sporobolus indicus*	Cola de ratón	Nativa	LC	-	-
359	Verbenaceae	*Stachytarpheta jamaicensis*	Hoja de corrimiento	Nativa	LC	-	-
360	Plantaginaceae	*Stemodia durantifolia*	Contrayerba	Nativa	LC	-	-
361	Malvaceae	*Sterculia apetala*	Árbol del bellote, castaño	Nativa	LC	-	-
362	Malpighiaceae	*Stigmaphyllon dichotomum*	(en blanco)	Nativa	NE	-	-
363	Malpighiaceae	*Stigmaphyllon lindenianum*	(en blanco)	Nativa	NE	-	-
364	Arecaceae	*Syagrus romanzoffiana*	Palmera pindó	Exótica	LC	-	-
365	Asteraceae	*Symphyotrichum expansum*	Estrella salada	Nativa	LC	-	-
366	Araceae	*Syngonium angustatum*	Lengua de vaca	Nativa	LC	-	-
367	Araceae	*Syngonium podophyllum*	Chapiso	Nativa	LC	-	-
368	Myrtaceae	*Syzygium jambos*	Manzana rosa	Exótica	LC	-	-
369	Bignoniaceae	*Tabebuia rosea*	Apamate rosa	Nativa	LC	-	-
370	Apocynaceae	*Tabernaemontana alba*	Cojón de gato	Nativa	LC	-	-
371	Apocynaceae	*Tabernaemontana arborea*	(en blanco)	Nativa	LC	-	-
372	Apocynaceae	*Tabernaemontana donnell-smithii*	huevos de caballo	Nativa	LC	-	-
373	Talinaceae	*Talinum fruticosum*	Quelite	Nativa	LC	-	-
374	Fabaceae	*Tamarindus indica*	Tamarindo africano	Exótica	LC	-	-
375	Bignoniaceae	*Tecoma stans*	tronadora	Nativa	LC	-	-
376	Lamiaceae	*Tectona grandis*	Teca asiática	Exótica	EN	-	-
377	Combretaceae	*Terminalia buceras*	Olivo negro	Nativa	LC	-	-
378	Combretaceae	*Terminalia catappa*	Almendro malabar	Exótica	LC	-	-
379	Malvaceae	*Theobroma bicolor*	Pataxte	Nativa	LC	-	-
380	Malvaceae	*Theobroma cacao*	Cacao	Nativa	LC	-	-
381	Apocynaceae	*Thevetia ahouai*	Acotope	Nativa	LC	-	-
382	Bromeliaceae	*Tillandsia balbisiana*	Piña de palo	Nativa	LC	-	-
383	Bromeliaceae	*Tillandsia fasciculata*	Gallito	Nativa	LC	-	-
384	Bromeliaceae	*Tillandsia recurvata*	Paixtle	Nativa	LC	-	-
385	Bromeliaceae	*Tillandsia schiedeana*	Gallito	Nativa	LC	-	-
386	Commelinaceae	*Tradescantia pallida*	niña en barco	Nativa	NE	-	-
387	Commelinaceae	*Tradescantia spathacea*	Magueyito morado	Nativa	NE	-	-
388	Commelinaceae	*Tradescantia zebrina*	matalí	Nativa	NE	-	-
389	Meliaceae	*Trichilia havanensis*	Ciruelillo	Nativa	LC	-	-
390	Meliaceae	*Trichilia martiana*	(en blanco)	Nativa	LC	-	-
391	Asteraceae	*Tridax procumbens*	Hierba del toro	Nativa	LC	-	-
392	Passifloraceae	*Turnera velutina*	(en blanco)	Nativa	NE	-	-
393	Typhaceae	*Typha domingensis*	Tule	Nativa	LC	-	-
394	Lentibulariaceae	*Utricularia gibba*	Perrito de agua	Nativa	LC	-	-
395	Fabaceae	*Vachellia cornigera*	Cornezuelo	Nativa	LC	-	-
396	Fabaceae	*Vigna vexillata*	bejuco pato	Nativa	LC	-	-

no.	Familia	Nombre Científico	Nombre Común	Tipo de Distribución	IUCN	NOM 059	CITES
397	Lamiaceae	*Vitex trifolia*	(en blanco)	Exótica	LC	-	-
398	Arecaceae	*Washingtonia robusta*	Palma blanca	Nativa / Endémica	LC	-	-
399	Lamiaceae	*Westringia fruticosa*	Romero Australiano	Exótica	NE	-	-
400	Araceae	*Xanthosoma robustum*	Hoja elegante	Nativa	LC	-	-
401	Araceae	*Xanthosoma sagittifolium*	Oreja de elefante	Nativa	NE	-	-
402	Asparagaceae	*Yucca gigantea*	Izote gigante	Nativa	LC	-	-
403	Amaryllidaceae	*Zephyranthes candida*	Azucena del río	Exótica	NE	-	-
404	Amaryllidaceae	*Zephyranthes carinata*	cefirante	Nativa	NE	-	-
405	Amaryllidaceae	*Zephyranthes citrina*	lirio de lluvia amarillo	Nativa	NE	-	-
406	Asteraceae	*Zinnia elegans*	Mal de ojo	Nativa	NE	-	-

Del listado potencial de flora potencial en la zona, se encuentran 100 familias con 406 especies, y de éstas, 304 especies son nativas, una especie considerada endémica y también una sola especie es considerada nativa y endémica; 94 especies son exóticas.

De la IUCN 248 especies se encuentran en la categoría LC, 7 especies en la categoría DD, 3 especies en la categoría en la categoría EN, 48 especies en la categoría NE, 2 especies en la categoría en la categoría NT y 2 especies en la categoría VU de la Lista Roja de Especies Amenazadas de la IUCN, mientras que 16 especies se encuentran listadas en la CITES en el Apéndice II.

De las especies en la NOM 059 hay 9 especies listadas en esta norma, las especies: *Gossypium hirsutum* (Algodón mexicano), *Pinus strobus* (pino blanco americano), *Rhyncholaelia digbyana* (Orquídea blanca yucateca), *Rhyncholaelia glauca,* Roystonea dunlapiana (Palma real mexicana) y *Hesperocyparis lusitánica* (cedro blanco), se encuentran listadas en la categoría de Protección especial (Pr); *Dieffenbachia seguine* (Hoja de coche) y *Handroanthus chrysanthus* (Guayacán) en la categoría Amenazada (A), la especie *Ormosia macrocalyx* (colorín) en la categoría Peligro de extinción (P) y una especie en la categoría Protección Especial (***Pr***).

3.1.1.1. Caracterización de la vegetación.

Para determinar, el estado de conservación de la vegetación del Proyecto, se realizaron censos en el área del Proyecto de las formas de vida y se realizaron sitios de muestreo en el área del Proyecto (AP) del km 1+530 al km 1+680 la vegetación dominante es de tipo arbustiva de matorrales. Dichos muestreos y censos de flora se realizaron en junio de 2026. Las coordenadas de ubicación de cada sitio de muestreo, se enlistan en la tabla siguiente

Tabla 2 Coordenadas utm wgs84 Zona 15Q de los sitios de muestreo de flora silvestre del AP.

Sitio	X	Y
1	5043310	1991096
2	504328	1991047
3	504347	1991009

En la figura siguiente se muestran los sitios de muestreo realizados en Área del Proyecto (AP)

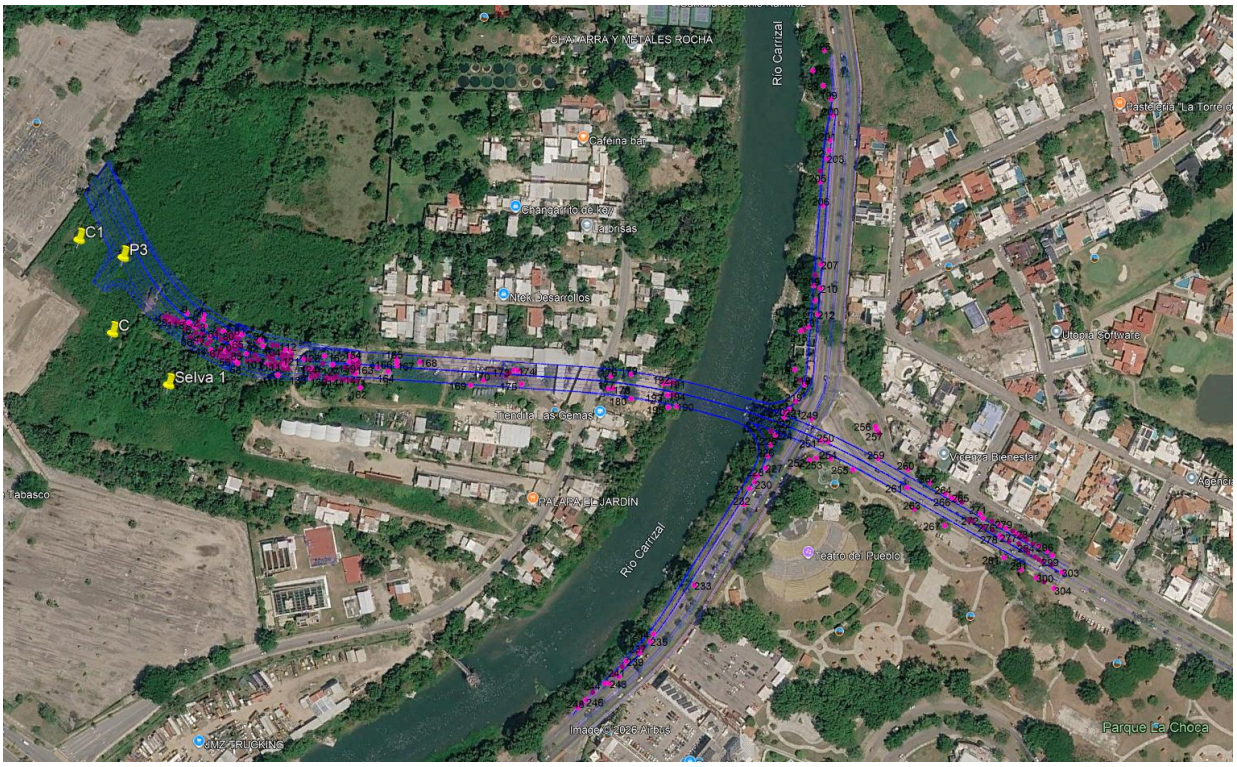


Imagen 4 Ubicación de sitios de muestreo y censo de Flora en el AP.

Para el Área de Influencia (AI), se realizaron 4 sitios de muestreo y censos de vegetación en 3 sitios de la zona urbana de la ciudad de Villahermosa y para la región ecológica se realizaron 2 sitios de muestreo.

Tabla 3 Coordenadas utm wgs84 Zona 15Q de los sitios de muestreo de flora silvestre del AI y RE.

Lugar	Sitio	X	Y
Are de Influencia	1	504282	1991057
	2	504264	1991012
	3	504302	1990978
	4	504344	1990931
Región Ecológica	1	505700	1991784
	2	505464	1992254

En la siguiente figura se muestra la ubicación de los muestreos y censos de flora realizados en el AI y RE.

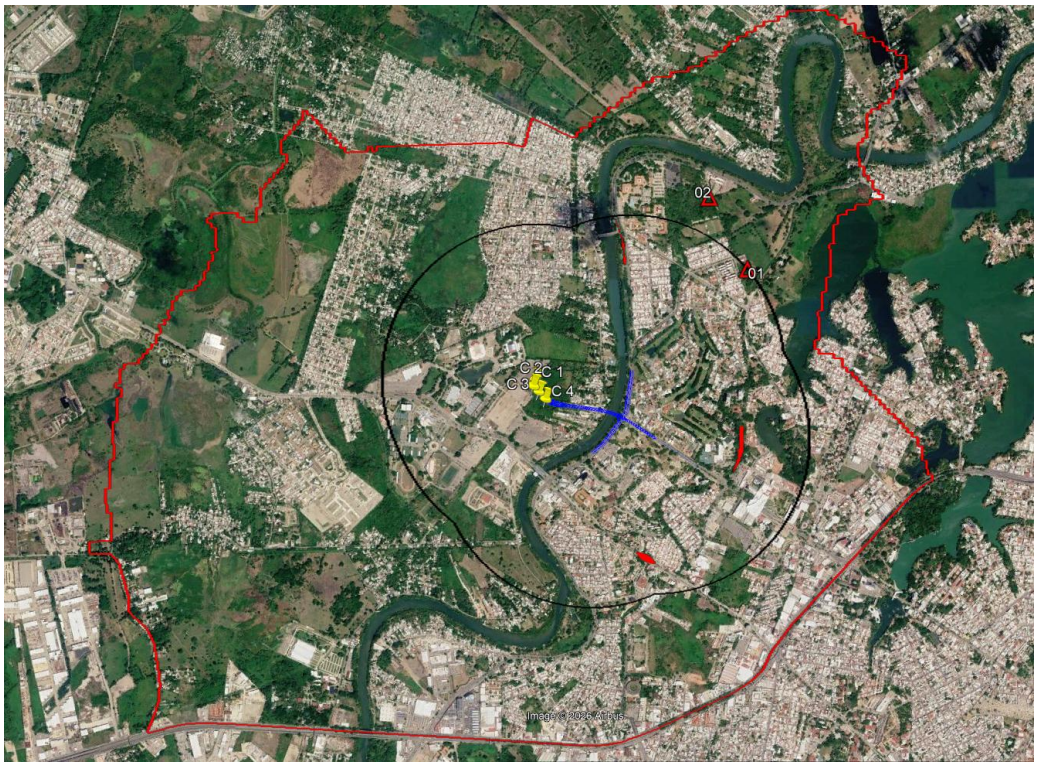


Imagen 5 Ubicación de sitios de muestreo y censo de Flora en el AI y RE.

En cada sitio de muestreo, se registraron arbustos, palmas y hierbas. En la figura siguiente, se puede observar el diseño de los sitios utilizados y la toma de coordenadas UTM central con GPS en cada sitio de muestreo. Ver Figura siguiente

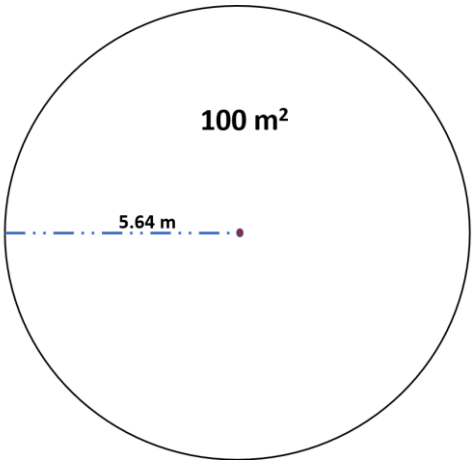






Imagen 6 Delimitación de sitio de muestreo de 100 m2 (Radio de 5.64 m)

En todo el trazo del proyecto, se realizó el censo del arbolado de las áreas verdes y jardines, se registró la coordenada UTM de cada individuo arbóreo, se midió el diámetro normal, altura total y copa. Ver figura siguiente.



Imagen 7 Registro y Medición de individuos arbóreos en áreas verdes y jardines

Los individuos registrados se clasificaron según su forma biológica, conforme a lo siguiente:

Árbol. - Planta que desarrolla un tallo leñoso como eje principal, forma una copa aérea y regularmente tiene un crecimiento más alto que ancho o en casos específicos de igual tamaño.

Arbusto. - Planta con más de un tallo leñoso y corto, se ramifica desde la base, de baja altura formando una esfera o elipse. En esta categoría se incluyen algunas las palmas, plantas con crecimiento en forma de roseta como los agaves, también se incluyen las plantas suculentas como nopales.

Hierba. - Plantas no lignificadas (No leñosas), que crecen de manera temporal en temporada de lluvias, de baja altura y en grandes densidades cuando son abundantes y en grupos o de manera aislada cuando son de baja cobertura vegetal. Se incluyen en esta clasificación todas las especies de la familia Poaceae, algunas Amanthaceae y Solanaceae.

Trepadoras.- Plantas que, al no mantenerse erguidas por sí mismas, utilizan mecanismos especializados como zarcillos, raíces adventicias, tallos volubles o espinas para escalar soportes (árboles, muros, verjas) en busca de luz solar. Se clasifican principalmente en plantas escandentes (con mecanismos de fijación) y plantas apoyantes. Por su estructura se llaman lianas cuando tienen tallos leñosos y enredaderas cuando sus tallos son flexibles y delgados.

Cactáceas y Suculentas.- Las cactáceas son plantas adaptadas a entornos áridos, caracterizadas por tallos suculentos que almacenan agua, espinas protectoras. Sus principales formas incluyen globosas, columnares, cladodios, epífitas colgantes, pero también se consideran terrestres y rupícolas (Rzedowski, 2005). Dichas especies pertenecen a las familias Cactácea, Bromeliácea. Otras plantas que son suculentas se encuentran los agaves y euphorbias.

En la siguiente figura se muestra de manera esquemática en dibujo las formas de vida descritas anteriormente.

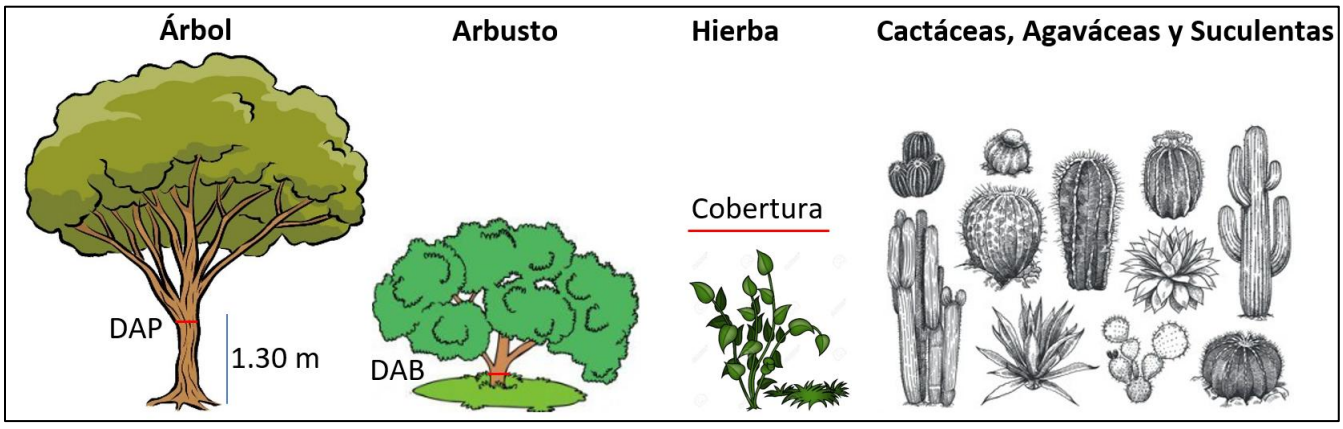


Imagen 8 Formas de vida usados para la estratificación de la vegetación

3.1.1.2. Análisis de diversidad de vegetación

En ecología, la biodiversidad es la variedad de vida en un lugar, incluyendo la variedad de seres vivos y sus relaciones. Es un concepto fundamental y complejo, de tal manera que la biodiversidad puede ser de tipo genética, de especies o de ecosistemas marinos o terrestres.

Al estudiar la biodiversidad se debe considerar y separar en diferentes niveles para obtener información más allá de solo listados de especies, que se pueden agrupar o medir como diversidad alfa, beta y gamma.

La **diversidad alfa** es la riqueza de especies de una comunidad determinada y que se considera homogénea, por lo tanto, es a un nivel "local". Una comunidad es de pendiente de los objetivos y escala de trabajo. En nuestro caso, se propone que sea a nivel de una "unidad de paisaje"; sin embargo, podría ser tipo de bosque (p.e. bosques de robledales, mixtos, de galería, etc.), tipo de formación vegetal (páramo, bosque andino, subandino, etc.) o tipo de asociación vegetal (ver las descripciones dadas por Rangel y Velásquez 1997).

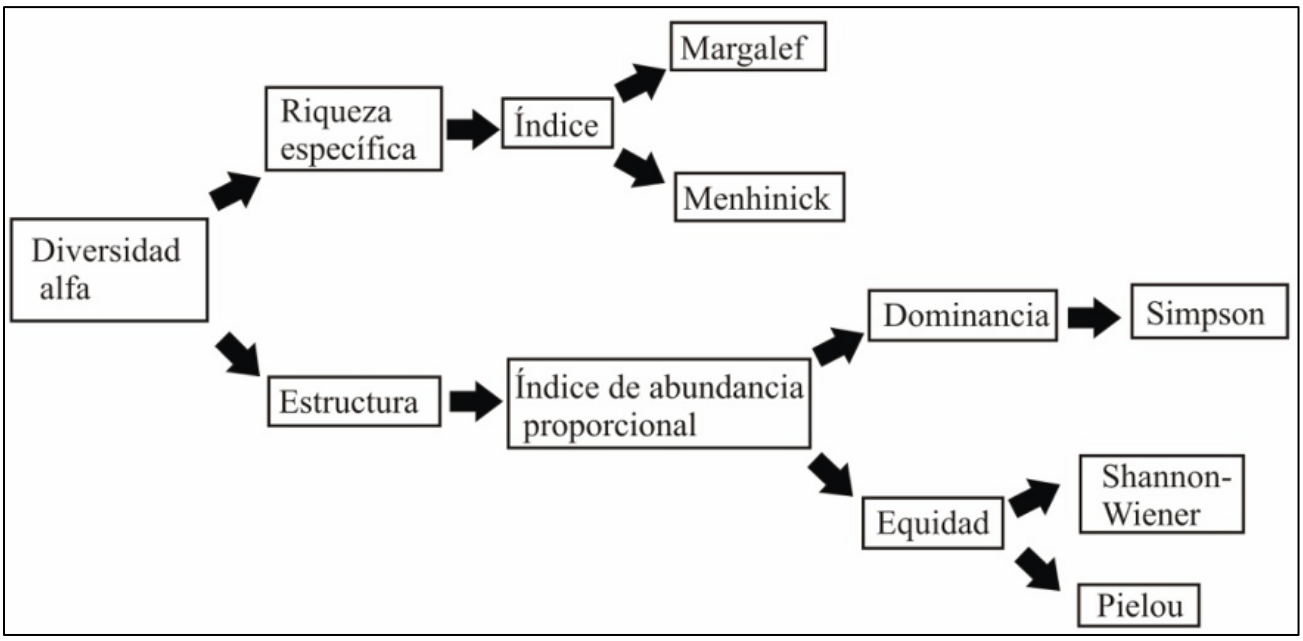


Imagen 9 Indicadores para determinar la diversidad de acuerdo a riqueza de especies o estructura del ecosistema

La **diversidad beta** es la medida del grado de cambio o reemplazo en la composición de especies entre las comunidades que se encuentran en un área mayor. Se propone que se obtenga a partir de comparaciones entre pares de unidades de paisaje; sin embargo, esto depende de lo que se haya definido como comunidad.

Finalmente, la **diversidad gamma** es la riqueza total de especies existente en un área mayor, que podría ser nuestra área de estudio. De acuerdo con nuestra propuesta, se definiría como la sumatoria de la diversidad alfa encontrada en todas las unidades de paisaje en nuestra área de estudio. Este nivel de

diversidad también puede ser un promedio de la riqueza alfa o una relación entre la riqueza total y el promedio de la diversidad beta.

Existen varios métodos para cuantificar la diversidad a nivel local o alfa. La forma más simple de cuantificar la **diversidad alfa** es mediante índices directos como riqueza de especies (número de especies por unidad de muestreo o ecosistema), índice de Margalef, Rarefacción, Coleman, Michaelis-Menten, entre otros. Puede ser a través de *curvas de acumulación de especies*, métodos no paramétricos, entre otros.

También se puede determinar la **diversidad alfa** por la estructura de las comunidades (especies en relación con su abundancia), mediante índices de dominancia como: índice de Simpson y serie de Hill, también por índices de equidad como: Shannon-Winner, Pielou, Brillouin, de modelos paramétricos y no paramétricos.

Para cuantificar o medir la **diversidad beta**, puede ser con ayuda de índices o coeficientes que indiquen qué tan similares/disimiles son dos comunidades o muestras, también se puede dividir en dos clases de similitud-disimilitud y los de recambio/reemplazo de especies y a través de métodos de clasificación o de ordenación. índices o métodos cualitativos como el Índice de Jacard, Índice de Sorensen, métodos cuantitativos como el índice Morisita-Horn, Whittaker, Cody, Magurran.

3.1.1.3. Diversidad de la vegetación del área del Proyecto (AP)

Los indicadores ecológicos calculados para la región ecológica, en los diferentes estratos vegetales se describen a continuación:

Índice de Margalef (R). Es un indicador de la riqueza de especies, donde los valores inferiores a 2,0 son considerados como relacionados con zonas de baja biodiversidad (en general resultado de efectos antropogénicos) y valores superiores a 5,0 son considerados como indicativos de alta biodiversidad. El mínimo valor que puede adoptar es cero, y ocurre cuando solo existe una especie en la muestra (s=1, por lo que s-1=0) (Margalef, 1958). Con los niveles de diversidad señalados anteriormente se pueden establecer las siguientes categorías de valores de diversidad. Ver **Tabla III.12**.

Tabla 4 Categorías de diversidad de Margalef*

Valor	Nivel de diversidad
0.00	NULA
0.01 - 1.0	Muy Baja
1.1 - 2.0	Baja
2.1 - 4.0	Media o Moderada
4.1 – 5.0	Alta
5.1 – 7.0	Muy Alta

FUENTE: Elaboración propia

Se calcula a través de la siguiente fórmula:

$R= (S-1)/Ln (N)$

Donde:

R= Índice de Diversidad de Margalef

S= número total de especies

N= número total de individuos

Si calculamos este indicador para los estratos vegetales de la vegetación del área del proyecto, quedaría de la siguiente manera:

R= (27-1)/Ln (265) = 26/5.58 = **4.66** para el estrato Arbóreo

R= (4-1)/Ln (93) = 3/4.53 = **0.66** para el estrato Arbustivo

R= (5-1)/Ln (40) = 4/3.69 = **1.08** para el grupo de Palmas

R= (9-1)/Ln (128) = 8/4.85 = **1.65** para el estrato Herbáceo

Considerandos los resultados obtenidos de este indicador de la vegetación del área del Proyecto, el estrato arbóreo es el más diverso (Diversidad Alta), el grupo de palmas y hierbas, ambos con Diversidad Baja y el estrato arbustivo con Diversidad Muy Baja.

Índice de Diversidad de Simpson (D). Este índice cuantifica la probabilidad que dos individuos seleccionados aleatoriamente en una comunidad infinita pertenezcan a una misma especie. Si pi es la probabilidad que tiene un individuo de pertenecer a la especie i (i = 1, 2, 3, 4,… S) y la extracción de cada individuo es un elemento independiente, la probabilidad que tienen dos individuos de una misma especie en ser elegidos al azar será pi x pi o pi 2. La probabilidad promedio de que ocurra será igual a la suma de las probabilidades individuales de cada especie (Simpson, 1949). La fórmula para calcular este índice es la siguiente:

$$D = \frac{\sum_{i=1}^{S} n_i(n_i-1)}{N(N-1)} = 1\text{-D}$$

Este índice le da un peso mayor a las especies abundantes, subestimando las especies raras, tomando valores entre 0 (baja diversidad, hasta un máximo de (1-1/S). Considerando estos valores de diversidad, se establecieron los rangos para determinar el nivel de diversidad. Ver tabla siguiente

Tabla 5 Categorías de diversidad de Simpson*.

Valor	Nivel de diversidad
0.00	NULA
0.01 – 0.20	Muy baja
0.21 – 0.40	Baja
0.41 – 0.60	Media o Moderada
0.61 – 0.80	Alta
0.81 – 1.00	Muy Alta

FUENTE: Elaboración propia

Tabla 6 Índice de Simpson de la vegetación para el estrato arbóreo del área del Proyecto.

No.	Nombre Científico	Nombre Común	Ind.	ni-1	ni*(ni-1)
1	*Annona muricata*	Guanábana	1	0	0
2	*Cassia fistula*	Lluvia de oro	1	0	0
3	*Cecropia peltata*	Guarumo	1	0	0
4	*Ceiba pentandra*	Ceiba	6	5	30
5	*Ceiba speciosa*	Ceiba japonesa	1	0	0
6	*Citrus deliciosa*	Mandarina	1	0	0
7	*Coccoloba barbadensis*	Boob negro	5	4	20
8	*Delonix regia*	Framboyán	1	0	0
9	*Erythrina americana*	Colorín	2	1	2
10	*Ficus benjamina*	Ficus	10	9	90
11	*Ficus microcarpa*	Ficus laurel	3	2	6
12	*Guazuma ulmifolia*	Guásima	37	36	1332
13	*Hampea rovirosae*	Majagua	3	2	6
14	*Handroanthus guayacan*	Guayacán	3	2	6
15	*Inga vera*	Jinicuil	11	10	110
16	*Leucaena leucocephala*	Guaje blanco	34	33	1122
17	*Mangifera indica*	Mango	15	14	210
18	*Muntingia calabura*	Capulín	34	33	1122
19	*Pithecellobium dulce*	Guamuchil	1	0	0
20	*Pithecellobium lanceolatum*	Conchil	3	2	6
21	*Psidium guajava*	Guayaba	3	2	6
22	*Samanea saman*	Saman	12	11	132
23	*Spathodea campanulata*	Tulipán africano	1	0	0
24	*Spondias mombin*	Jobo	1	0	0
25	*Swietenia macrophylla*	Caoba	1	0	0
26	*Tabebuia rosea*	Macuilis	67	66	4422
27	*Terminalia catappa*	Almendro	7	6	42
Subtotal			**265**	**238**	**8664**
Índice de Simpson					**0.8762**
Simpson MAX					**0.9630**

El valor máximo que se puede obtener por el número total de especies de la vegetación para el estrato arbóreo del Área del Proyecto es de 0.9630 y es el mismo resultado obtenido del índice de Simpson de 0.8762, que indica una **Diversidad Muy Alta.**

Tabla 7 Índice de Simpson de la vegetación del estrato arbustivo del área del Proyecto.

No.	Nombre Científico	Nombre Común	Ind.	ni-1	ni*(ni-1)
1	*Mimosa pigra*	Zarza negra	82	81	6642
2	*Pisonia aculeata*	Coma de Uña	3	2	6

No.	Nombre Científico	Nombre Común	Ind.	ni-1	ni*(ni-1)
3	*Solanum campechiens*	Tomate cimarron	7	6	42
4	*Vasconcellea cauliflora*	Papaya cimarrona	1	0	0
Subtotal			**93**	**89**	**6690**
Índice de Simpson					**0.2181**
Simpson MAX					**0.7500**

El valor máximo que se puede obtener por el número total de especies de la vegetación del estrato arbustivo del Área del Proyecto es de 0.7500, por lo que el resultado obtenido del índice de Simpson de 0.2181 indica una **Diversidad Baja**.

Tabla 8 Índice de Simpson de la vegetación para el grupo de palmas del área del Proyecto.

No.	Nombre Científico	Nombre Común	Ind.	ni-1	ni*(ni-1)
1	*Attalea butyracea*	Corozo	1	0	0
2	*Cocos nucifera*	Cocotero	13	12	156
3	*Roystonea regia*	Palma real	1	0	0
4	*Sabal yapa*	Guano	22	21	462
5	*Washingtonia robusta*	Palma blanca	3	2	6
Subtotal			**40**	**35**	**624**
Índice de Simpson					**0.6000**
Simpson MAX					**0.8000**

El valor máximo de Simpson que se puede obtener para el grupo vegetal de Palmas es de 0.8000, por lo que el valor obtenido del índice de Simpson de 0.600, indica que este grupo vegetal tiene una **Diversidad Media o Moderada**.

Tabla 9 Índice de Simpson de la vegetación del estrato de hierbas del área del Proyecto.

No.	Nombre Científico	Nombre Común	Ind.	ni-1	ni*(ni-1)
1	*Cenchrus echinatus*	Zacate Cadillo	5	4	20
2	*Echinodorus subalatus*	Cucharero	6	5	30
3	*Ipomoea hederifolia*	Frijolillo	6	5	30
4	*Malachra capitata*	Malva Tropical	3	2	6
5	*Musa × paradisiaca*	Plátano	11	10	110
6	*Paullinia pinnata*	Bejuco de costilla	2	1	2
7	*Ricinus communis*	Higuerilla	8	7	56
8	*Sorghum halepense*	Zacate Johnson	83	82	6806
9	*Stemodia durantifolia*	Contrayerba	4	3	12
Subtotal			**128**	**119**	**7072**
Índice de Simpson					**0.5650**
Simpson MAX					**0.8889**

El valor máximo que se puede obtener para la vegetación del estrato de hierbas del Área del Proyecto es de 0.8889, por lo que el valor obtenido del índice de Simpson de 0.5650, indica que este estrato vegetal tiene una **Diversidad Media o Moderada**.

Índice de diversidad de Shannon-Wiener (H). Este indicador de la abundancia, se basa en la probabilidad de encontrar un determinado individuo en un ecosistema. Este índice requiere que todas las especies estén representadas en la muestra y es muy susceptible a la abundancia (Magurran, 1988). El valor de H se encuentra acotado entre 0 y ln(s), tiende a cero en comunidades poco diversas y es igual al logaritmo de la riqueza específica en comunidades de máxima equitatividad. El valor máximo suele estar cerca de 5, pero hay ecosistemas excepcionalmente ricos que pueden superarlos. A mayor valor del índice indica mayor biodiversidad del ecosistema. (Shannon wienner, 1949).

Se calcula a través de la siguiente fórmula:

$H= -\sum (Pi)*Ln(Pi)$

Donde:

Pi=i /N

ni= número de individuos por especie

N= número total de individuos

A mayor valor del índice indica mayor biodiversidad del ecosistema. (Shannon-Wienner, 1949). Considerando los valores de diversidad mínima (cero) y máximo de 5, se establecieron los rangos para determinar el nivel de diversidad. Valores superiores a 5.0, se obtiene en ecosistemas con abundante riqueza como las selvas tropicales. En la siguiente tabla se muestran los rangos de diversidad establecidos

Tabla 10 Categorías de diversidad de Shannon*.

Valor	Nivel de diversidad
0.00	NULA
0.01 – 1.0	Muy Baja
1.1 – 2.0	Baja
2.1 – 3.0	Media o Moderada
3.1 – 4.0	Alta
4.1 – 5.0	Muy Alta
> 5.0	Extremadamente Alta

* Fuente: Elaboración propia

Asimismo, se calculó el índice de equitatividad de Pielou (J'), para cuantificar el componente de equitabilidad de la diversidad, (Pielou, 1969). La ecuación para determinar este índice, es la siguiente:

$J'= H' / H'max$

Donde:

H' = Índice de Shannon

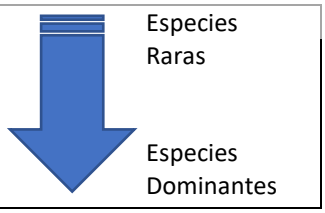
H'max = Ln (S)

S=número total de especies

A fin de observar la proporción de la diversidad observada con relación a la máxima diversidad esperada. Su valor va de 0 a 1, de forma que 1 corresponde a situaciones donde todas las especies son igualmente abundantes (Magurran 1988). Para lo cual, valores de cero son indicadores de diversidad muy baja y cercanos. Ver Tabla siguiente:

Tabla 11 Categorías de Equitatividad de Pielou*.

Porcentaje	Nivel de Equitatividad
10 – 20	Muy baja
21 – 40	Baja
41 – 60	Media o Moderada
61 – 80	Alta
81 – 100	Muy Alta



FUENTE: Elaboración propia

El cálculo de este indicador de la vegetación del estrato arbóreo del Área del Proyecto, se muestra en la **Tabla III.24.**

Tabla 12 Índice de Shannon de la vegetación del estrato arbóreo del área del Proyecto.

No.	Nombre Científico	Nombre Común	Ind.	LN Pi	Índice de Shannon H'	Índice de Pielou J'
1	*Annona muricata*	Guanábana	1	-5.5797	0.0211	0.0064
2	*Cassia fistula*	Lluvia de oro	1	-5.5797	0.0211	0.0064
3	*Cecropia peltata*	Guarumo	1	-5.5797	0.0211	0.0064
4	*Ceiba pentandra*	Ceiba	6	-3.7880	0.0858	0.0260
5	*Ceiba speciosa*	Ceiba japonesa	1	-5.5797	0.0211	0.0064
6	*Citrus deliciosa*	Mandarina	1	-5.5797	0.0211	0.0064
7	*Coccoloba barbadensis*	Boob negro	5	-3.9703	0.0749	0.0227
8	*Delonix regia*	Framboyán	1	-5.5797	0.0211	0.0064
9	*Erythrina americana*	Colorín	2	-4.8866	0.0369	0.0112
10	*Ficus benjamina*	Ficus	10	-3.2771	0.1237	0.0375
11	*Ficus microcarpa*	Ficus laurel	3	-4.4811	0.0507	0.0154
12	*Guazuma ulmifolia*	Guásima	37	-1.9688	0.2749	0.0834
13	*Hampea rovirosae*	Majagua	3	-4.4811	0.0507	0.0154
14	*Handroanthus guayacan*	Guayacán	3	-4.4811	0.0507	0.0154
15	*Inga vera*	Jinicuil	11	-3.1818	0.1321	0.0401
16	*Leucaena leucocephala*	Guaje blanco	34	-2.0534	0.2635	0.0799
17	*Mangifera indica*	Mango	15	-2.8717	0.1625	0.0493
18	*Muntingia calabura*	Capulín	34	-2.0534	0.2635	0.0799
19	*Pithecellobium dulce*	Guamuchil	1	-5.5797	0.0211	0.0064
20	*Pithecellobium lanceolatum*	Conchil	3	-4.4811	0.0507	0.0154
21	*Psidium guajava*	Guayaba	3	-4.4811	0.0507	0.0154
22	*Samanea saman*	Saman	12	-3.0948	0.1401	0.0425
23	*Spathodea campanulata*	Tulipán africano	1	-5.5797	0.0211	0.0064
24	*Spondias mombin*	Jobo	1	-5.5797	0.0211	0.0064
25	*Swietenia macrophylla*	Caoba	1	-5.5797	0.0211	0.0064

No.	Nombre Científico	Nombre Común	Ind.	LN Pi	Índice de Shannon H'	Índice de Pielou J'
26	*Tabebuia rosea*	Macuilis	67	-1.3750	0.3477	0.1055
27	*Terminalia catappa*	Almendro	7	-3.6338	0.0960	0.0291
Subtotal			**265**	**-114.3572**	**2.4661**	**0.7481**
H MAX					**3.2958**	

El valor obtenido del índice de Shannon máximo de 3.2958 de la vegetación del estrato arbóreo del Área del Proyecto, en relación con el índice máximo de Shannon obtenido de 2.4661 indica que este estrato vegetal, tiene una **Diversidad Media o Moderada**. El índice de equitatividad de Pielou también, indica que, el 74.81% de las especies se distribuyen de manera equitativa.

Tabla 13 Índice de Shannon de la vegetación del estrato arbustivo del área del Proyecto.

No.	Nombre Científico	Nombre Común	Ind.	LN Pi	Índice de Shannon H'	Índice de Pielou J'
1	*Mimosa pigra*	Zarza negra	82	-0.1259	0.1110	0.0801
2	*Pisonia aculeata*	Coma de Uña	3	-3.4340	0.1108	0.0799
3	*Solanum campechiens*	Tomate cimarron	7	-2.5867	0.1947	0.1404
4	*Vasconcellea cauliflora*	Papaya cimarrona	1	-4.5326	0.0487	0.0351
Subtotal			**93**	**-10.6792**	**0.4652**	**0.3355**
H MAX					**1.3863**	

El valor obtenido del índice de Shannon máximo de 1.3863 de la vegetación del estrato arbustivo del Área del Proyecto, en relación con el índice de Shannon obtenido de 0.4652, indica que, este estrato vegetal tiene una **Diversidad Muy Baja**. El índice de equitatividad de Pielou también, indica que, solo el 33.55% de las especies registradas en este estrato vegetal, se distribuyen de manera equitativa.

Tabla 14 Índice de Shannon de la vegetación del grupo de Palmas del área del Proyecto.

No.	Nombre Científico	Nombre Común	Ind.	LN Pi	Índice de Shannon H'	Índice de Pielou J'
1	*Attalea butyracea*	Corozo	1	-3.6889	0.0922	0.0665
2	*Cocos nucifera*	Cocotero	13	-1.1239	0.3653	0.2635
3	*Roystonea regia*	Palma real	1	-3.6889	0.0922	0.0665
4	*Sabal yapa*	Guano	22	-0.5978	0.3288	0.2372
5	*Washingtonia robusta*	Palma blanca	3	-2.5903	0.1943	0.1402
Subtotal			**40**	**-11.6898**	**1.0728**	**0.7739**
H MAX					**1.6094**	

El valor obtenido del índice de Shannon máximo de 1.6094 de la vegetación para el grupo de Palmas del Área del Proyecto, en relación con el índice máximo de Shannon obtenido de 1.0728, indica que, este estrato vegetal tiene una **Diversidad Baja**. El índice de equitatividad de Pielou también, indica que el 77.39% de las especies registradas en este estrato vegetal, se distribuyen de manera equitativa.

Tabla 15 Índice de Shannon de la vegetación del grupo de Hierbas del área del Proyecto.

No.	Nombre Científico	Nombre Común	Ind.	LN Pi	Índice de Shannon H'	Índice de Pielou J'
1	*Cenchrus echinatus*	Zacate Cadillo	5	-3.2426	0.1267	0.0577
2	*Echinodorus subalatus*	Cucharero	6	-3.0603	0.1435	0.0653
3	*Ipomoea hederifolia*	Frijolillo	6	-3.0603	0.1435	0.0653
4	*Malachra capitata*	Malva Tropical	3	-3.7534	0.0880	0.0401
5	*Musa × paradisiaca*	Plátano	11	-2.4541	0.2109	0.0960
6	*Paullinia pinnata*	Bejuco de costilla	2	-4.1589	0.0650	0.0296
7	*Ricinus communis*	Higuerilla	8	-2.7726	0.1733	0.0789
8	*Sorghum halepense*	Zacate Johnson	83	-0.4332	0.2809	0.1278
9	*Stemodia durantifolia*	Contrayerba	4	-3.4657	0.1083	0.0493
Subtotal			**128**	**-26.4011**	**1.3401**	**0.61**
H MAX					**2.1972**	

El valor obtenido del índice de Shannon máximo de 2.1972 de la vegetación del estrato de hierbas del Área del Proyecto, en relación con el valor obtenido del Índice de Shannon de 1.3401 indica que este estrato tiene una **Diversidad Baja**. El índice de equitatividad de Pielou también, indica que la distribución equitativa es de aproximadamente el 61.00%.

Asimismo, para conocer la importancia ecológica de las especies, se calculó **el índice de Valor Importancia** (**IVI**) para cada estrato vegetal del Área del Proyecto.

Índice de Valor de Importancia (IVI), fue desarrollado por Curtis & McIntosh (1951). Es un índice sintético estructural, desarrollado principalmente para jerarquizar la dominancia de cada especie. Se calcula sumando la dominancia relativa, densidad relativa y frecuencia relativa (Tomado de Ángel ARL, 2002, Estructura y composición florística del Parque Estatal Agua Blanca, Macuspana, Tabasco, México. Tesis Licenciatura UJAT DACB. 82 p.). El IVI define cuáles de las especies presentes contribuyen en el carácter y estructura de un ecosistema (Cottam y Curtis, 1956).

La dominancia (estimador de biomasa: área basal, cobertura) relativa se obtiene de la siguiente manera:

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

Donde:

$$\text{Dominancia absoluta} = \frac{\text{Área basal de una especie}}{\text{Área muestreada}} \text{ ó}$$

En el caso del estrato herbáceo, para determinar la dominancia absoluta los valores del área basal se cambiaron por los valores de la cobertura de copa, que también es un valor de biomasa como lo señala el autor citado).

El área basal (AB) de los árboles se obtuvo con la fórmula siguiente:

$$\text{Área Basal} = \frac{\pi}{4} DAP2$$

La densidad relativa se calcula de la siguiente manera:

$$\text{Densidad relativa} = \frac{\text{Densidad absoluta por cada especie}}{\text{Densidad aboluta de todas las especeis}} \times 100$$

Donde

$$\text{Densidad absoluta} = \frac{\text{Número de individuos de una especie}}{\text{Área muestreada}}$$

La frecuencia relativa se calcula de la siguiente manera:

$$\text{Frecuencia relativa} = \frac{\text{Frecuancia absoluta por cada especie}}{\text{Frecuencia aboluta de todas las especeis}} \times 100$$

Donde

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

Tabla 16 IVI del estrato arbóreo de la vegetación del área del Proyecto.

No.	Nombre Científico	Nombre Común	Dominancia Relativa	Abundancia Relativa	Frecuencia Relativa	IVI	%
1	*Annona muricata*	Guanábana	0.05	0.38	3.70	4.13	1.38
2	*Cassia fistula*	Lluvia de oro	0.18	0.38	3.70	4.26	1.42
3	*Cecropia peltata*	Guarumo	0.03	0.38	3.70	4.11	1.37
4	*Ceiba pentandra*	Ceiba	10.32	2.26	3.70	16.29	5.43
5	*Ceiba speciosa*	Ceiba japonesa	0.03	0.38	3.70	4.11	1.37
6	*Citrus deliciosa*	Mandarina	0.12	0.38	3.70	4.20	1.40
7	*Coccoloba barbadensis*	Boob negro	0.69	1.89	3.70	6.28	2.09
8	*Delonix regia*	Framboyán	0.47	0.38	3.70	4.55	1.52
9	*Erythrina americana*	Colorín	0.88	0.75	3.70	5.34	1.78
10	*Ficus benjamina*	Ficus	3.07	3.77	3.70	10.54	3.51
11	*Ficus microcarpa*	Ficus laurel	8.79	1.13	3.70	13.63	4.54
12	*Guazuma ulmifolia*	Guásima	6.62	13.96	3.70	24.29	8.10
13	*Hampea rovirosae*	Majagua	0.22	1.13	3.70	5.06	1.69
14	*Handroanthus guayacan*	Guayacán	0.68	1.13	3.70	5.51	1.84
15	*Inga vera*	Jinicuil	6.48	4.15	3.70	14.33	4.78
16	*Leucaena leucocephala*	Guaje blanco	4.81	12.83	3.70	21.34	7.11
17	*Mangifera indica*	Mango	16.33	5.66	3.70	25.70	8.57
18	*Muntingia calabura*	Capulín	2.45	12.83	3.70	18.98	6.33
19	*Pithecellobium dulce*	Guamuchil	1.24	0.38	3.70	5.32	1.77
20	*Pithecellobium lanceolatum*	Conchil	0.29	1.13	3.70	5.12	1.71
21	*Psidium guajava*	Guayaba	0.47	1.13	3.70	5.31	1.77
22	*Samanea saman*	Saman	17.26	4.53	3.70	25.49	8.50
23	*Spathodea campanulata*	Tulipán africano	0.53	0.38	3.70	4.61	1.54
24	*Spondias mombin*	Jobo	0.03	0.38	3.70	4.11	1.37
25	*Swietenia macrophylla*	Caoba	0.03	0.38	3.70	4.11	1.37

No.	Nombre Científico	Nombre Común	Dominancia Relativa	Abundancia Relativa	Frecuencia Relativa	IVI	%
26	*Tabebuia rosea*	Macuilis	16.84	25.28	3.70	45.82	15.27
27	*Terminalia catappa*	Almendro	1.08	2.64	3.70	7.43	2.48
Total			**100.00**	**100.00**	**100.00**	**300.00**	**100.00**

En la vegetación del estrato arbóreo del Área del Proyecto, el IVI más alto lo presenta las especies: registrada que es *Neltuma laevigata* (Mezquite Blanco), *Mangifera indica* (Mango), *Samanea saman* (Saman) y *Tabebuia rosea* (Macuilis). Estas 4 especies concentran el 40.43% del IVI total.

Tabla 17 IVI del estrato arbustivo de la vegetación del área del Proyecto.

No.	Nombre Científico	Nombre Común	Dominancia Relativa	Abundancia Relativa	Frecuencia Relativa	IVI	%
1	*Mimosa pigra*	Zarza negra	96.07	88.17	25.00	209.24	69.75
2	*Pisonia aculeata*	Coma de Uña	3.03	3.23	25.00	31.26	10.42
3	*Solanum campechiens*	Tomate cimarron	0.15	7.53	25.00	32.68	10.89
4	*Vasconcellea cauliflora*	Papaya cimarrona	0.74	1.08	25.00	26.82	8.94
Total			**100.00**	**100.00**	**100.00**	**300.0**	**100.0**

En la vegetación del estrato arbustivo del Área del Proyecto, el IVI más alto lo presenta la especie *Mimosa pigra* (Zarza negra). Esta sola especie concentran el 69.75% del total de las 4 especies.

Tabla 18 IVI de la vegetación del grupo de Palmas del área del Proyecto.

No.	Nombre Científico	Nombre Común	Dominancia Relativa	Abundancia Relativa	Frecuencia Relativa	IVI	%
1	*Attalea butyracea*	Corozo	2.39	2.50	20.00	24.89	8.30
2	*Cocos nucifera*	Cocotero	38.10	32.50	20.00	90.60	30.20
3	*Roystonea regia*	Palma real	4.52	2.50	20.00	27.02	9.01
4	*Sabal yapa*	Guano	46.47	55.00	20.00	121.47	40.49
5	*Washingtonia robusta*	Palma blanca	8.52	7.50	20.00	36.02	12.01
Total			**100.00**	**100.00**	**100.00**	**300.00**	**100.00**

De las especies de la vegetación del grupo de Palmas del Área del Proyecto, el mayor IVI lo tienen las especies: las especies: *Cocos nucifera* (Cocotero) y *Sabal yapa* (Guano). Estas 2 especies concentran el 70.69% de las 5 especies totales.

Tabla 19 IVI de la vegetación del grupo de hierbas del área del Proyecto.

No.	Nombre Científico	Nombre Común	Dominancia Relativa	Abundancia Relativa	Frecuencia Relativa	IVI	%
1	*Cenchrus echinatus*	Zacate Cadillo	0.12	3.91	11.11	15.14	5.05
2	*Echinodorus subalatus*	Cucharero	0.04	4.69	11.11	15.83	5.28
3	*Ipomoea hederifolia*	Frijolillo	1.55	4.69	11.11	17.35	5.78
4	*Malachra capitata*	Malva Tropical	0.26	2.34	11.11	13.71	4.57
5	*Musa × paradisiaca*	Plátano	6.66	8.59	11.11	26.37	8.79
6	*Paullinia pinnata*	Bejuco de costilla	40.05	1.56	11.11	52.72	17.57

No.	Nombre Científico	Nombre Común	Dominancia Relativa	Abundancia Relativa	Frecuencia Relativa	IVI	%
7	*Ricinus communis*	Higuerilla	43.60	6.25	11.11	60.96	20.32
8	*Sorghum halepense*	Zacate Johnson	7.57	64.84	11.11	83.53	27.84
9	*Stemodia durantifolia*	Contrayerba	0.15	3.13	11.11	14.39	4.80
Total			**100.00**	**100.00**	**100.00**	**300.00**	**100.00**

De las 9 especies de la vegetación del estrato herbáceo del Área del Proyecto, las especies: *Paullinia pinnata* (Bejuco de costilla), *Ricinus communis* (Higuerilla) y *Sorghum halepense* (Zacate Johnson).

Los datos de campo registrados por forma de vida en cada sitio de muestreo realizado en el Área del Proyecto, se muestra en el **ANEXO 3**

Área De Influencia (AI)

Los resultados del Índice de Margalef para los estratos vegetales de la vegetación del Área de Influencia (AI), quedaría de la siguiente manera:

R= (27-1)/Ln (211) = 26/5.35 = **4.86** para el estrato Arbóreo

R= (11-1)/Ln (94) = 10/4.54 = **2.20** para el estrato Arbustivo

R= (4-1)/Ln (8) = 3/2.08 = **1.44** para el grupo de Palmas

R= (9-1)/Ln (181) = 8/5.20 = **1.54** para el estrato Herbáceo

Considerandos los resultados obtenidos de este indicador de la Vegetación del área de Influencia, el estrato arbóreo es el más diverso (Diversidad Alta), el grupo de palmas y hierbas, ambos con Diversidad Baja y el estrato arbustivo con Diversidad Muy Baja.

A continuación, se muestran y describen los resultados obtenidos del Índice de Simpson en el Área de Influencia (AI).

Tabla 20 Índice de Simpson para el estrato arbóreo de la vegetación del Área de Influencia.

No.	Nombre Científico	Nombre Común	Ind.	ni-1	ni*(ni-1)
1	*Adonidia merrillii*	Palma de Manila	6	5	30
2	*Albizia lebbeck*	Acacia Amarilla	7	6	42
3	*Bursera simaruba*	Palo Mulato	2	1	2
4	*Cassia fistula*	Lluvia de oro	5	4	20
5	*Cedrela odorata*	Cedro	1	0	0
6	*Ceiba pentandra*	Ceiba	8	7	56
7	*Citrus deliciosa*	Mandarina	7	6	42
8	*Delonix regia*	Franboyán	1	0	0
9	*Enterolobium cyclocarpum*	Guanacaste	5	4	20
10	*Ficus benjamina*	Laurel de la India	35	34	1190

No.	Nombre Científico	Nombre Común	Ind.	ni-1	ni*(ni-1)
11	*Guazuma ulmifolia*	Guásima	5	4	20
12	*Hampea rovirosae*	Majagua	1	0	0
13	*Handroanthus guayacan*	Guayacán	36	35	1260
14	*Leucaena leucocephala*	Tepeguaje dormilón	7	6	42
15	*Mangifera indica*	Mango	3	2	6
16	*Melicoccus oliviformis*	Guaya	1	0	0
17	*Psidium guajava*	Guayaba	1	0	0
18	*Roseodendron donnell-smithii*	Primavera	1	0	0
19	*Roystonea regia*	Palma botella	2	1	2
20	*Samanea saman*	Cenicero	4	3	12
21	*Spathodea campanulata*	Tulipán Africano	4	3	12
22	*Spondias mombin*	Jobo	3	2	6
23	*Spondias purpurea*	Ciruela de huesito	1	0	0
24	*Sterculia apetala*	Castaño	1	0	0
25	*Swietenia macrophylla*	Caoba	3	2	6
26	*Tabebuia rosea*	Apamate Rosa	60	59	3540
27	*Terminalia catappa*	Almendro Malabar	1	0	0
Subtotal			**211**	**184**	**6308**
Índice de Simpson					**0.8576**
Simpson MAX					**0.9630**

El valor máximo que se puede obtener por el número total de especies de la vegetación del estrato arbóreo del Área de Influencia es de 0.9630 y es resultado obtenido del índice de Simpson de 0.8576, que indica una **Diversidad Muy Alta.**

Tabla 21 Índice de Simpson para el estrato arbustivo de la vegetación del Área de Influencia.

No.	Nombre Científico	Nombre Común	Ind.	ni-1	ni*(ni-1)
1	*Aphelandra scabra*	Cola de gallo	2	1	2
2	*Bougainvillea glabra*	Bugambilia Mamey	3	2	6
3	*Cordyline fruticosa*	Banderilla Asiática	1	0	0
4	*Hibiscus schizopetalus*	Canastita	1	0	0
5	*Ixora coccinea*	Coralito asiático enano	8	7	56
6	*Mimosa pigra*	Zarza negra	60	59	3540
7	*Nerium oleander*	Adelfa Blanca y Rosa	1	0	0
8	*Pisonia aculeata*	Coma de Uña	7	6	42
9	*Sansevieria trifasciata*	Espada africana	3	2	6
10	*Solanum campechiens*	Tomate cimarron	6	5	30
11	*Thevetia ahouai*	Acotope	2	1	2
Subtotal			**94**	**83**	**3684**
Índice de Simpson					**0.5786**

No.	Nombre Científico	Nombre Común	Ind.	ni-1	ni*(ni-1)
Simpson MAX					**0.9091**

El valor máximo que se puede obtener por el número total de especies de la vegetación del estrato arbustivo del Área de Influencia es de 0.9091, por lo que el resultado obtenido del índice de Simpson de 0.5786 indica una **Diversidad Media o Moderada**.

Tabla 22 Índice de Simpson de la vegetación para el grupo de palmas del Área de Influencia.

No.	Nombre Científico	Nombre Común	Ind.	ni-1	ni*(ni-1)
1	*Adonidia merrillii*	Palma de Manila	3	2	6
2	*Attalea Butyracea*	Corozo	1	0	0
3	*Beaucarnea recurvata*	Pata de elefante	2	1	2
4	*Sabal yapa*	Guano	2	1	2
Subtotal			**8**	**4**	**10**
Índice de Simpson					**0.8214**
Simpson MAX					**0.7500**

El valor máximo de Simpson que se puede obtener para el grupo vegetal de Palmas es de 0.7500, por lo que el valor obtenido del índice de Simpson de 0.8214, indica que este grupo vegetal tiene una **Diversidad Alta**.

Tabla 23 Índice de Simpson de la vegetación para el estrato de hierbas del Área de Influencia.

No.	Nombre Científico	Nombre Común	Ind.	ni-1	ni*(ni-1)
1	*Cenchrus echinatus*	Zacate Cadillo	28	27	756
2	*Cyperus odoratus*	Hierba del zopilote	22	21	462
3	*Dietes iridioides*	Iris Africana	1	0	0
4	*Echinodorus subalatus*	Cucharero	4	3	12
5	*Ipomoea hederifolia*	Frijolillo	5	4	20
6	*Sansevieria trifasciata*	Espada africana	1	0	0
7	*Sorghum halepense*	Zacate Johnson	86	85	7310
8	*Stemodia durantifolia*	Contrayerba	4	3	12
9	*Syngonium angustatum*	Lengua de Vaca	30	29	870
Subtotal			**181**	**172**	**9442**
Índice de Simpson					**0.7102**
Simpson MAX					**0.8889**

El valor máximo que se puede obtener para el estrato de la vegetación de las hierbas del Área de Influencia es de 0.8889, por lo que el valor obtenido del índice de Simpson de 0.7102, indica que este estrato vegetal tiene una **Diversidad Alta**.

A continuación, se muestran los resultados obtenidos del Índice de Shannon de la vegetación del Área de Influencia.

Tabla 24 Índice de Shannon del estrato arbóreo de la vegetación del Área de Influencia.

No.	Nombre Científico	Nombre Común	Ind.	LN Pi	Índice de Shannon H'	Índice de Pielou J'
1	*Annona muricata*	Guanábana	6	-3.5601	0.1012	0.0307
2	*Cassia fistula*	Lluvia de oro	7	-3.4059	0.1130	0.0343
3	*Cecropia peltata*	Guarumo	2	-4.6587	0.0442	0.0134
4	*Ceiba pentandra*	Ceiba	5	-3.7424	0.0887	0.0269
5	*Ceiba speciosa*	Ceiba japonesa	1	-5.3519	0.0254	0.0077
6	*Citrus deliciosa*	Mandarina	8	-3.2724	0.1241	0.0377
7	*Coccoloba barbadensis*	Boob negro	7	-3.4059	0.1130	0.0343
8	*Delonix regia*	Framboyán	1	-5.3519	0.0254	0.0077
9	*Erythrina americana*	Colorín	5	-3.7424	0.0887	0.0269
10	*Ficus benjamina*	Ficus	35	-1.7965	0.2980	0.0904
11	*Ficus microcarpa*	Ficus laurel	5	-3.7424	0.0887	0.0269
12	*Guazuma ulmifolia*	Guásima	1	-5.3519	0.0254	0.0077
13	*Hampea rovirosae*	Majagua	36	-1.7683	0.3017	0.0915
14	*Handroanthus guayacan*	Guayacán	7	-3.4059	0.1130	0.0343
15	*Inga vera*	Jinicuil	3	-4.2532	0.0605	0.0184
16	*Leucaena leucocephala*	Guaje blanco	1	-5.3519	0.0254	0.0077
17	*Mangifera indica*	Mango	1	-5.3519	0.0254	0.0077
18	*Muntingia calabura*	Capulín	1	-5.3519	0.0254	0.0077
19	*Pithecellobium dulce*	Guamuchil	2	-4.6587	0.0442	0.0134
20	*Pithecellobium lanceolatum*	Conchil	4	-3.9656	0.0752	0.0228
21	*Psidium guajava*	Guayaba	4	-3.9656	0.0752	0.0228
22	*Samanea saman*	Saman	3	-4.2532	0.0605	0.0184
23	*Spathodea campanulata*	Tulipán africano	1	-5.3519	0.0254	0.0077
24	*Spondias mombin*	Jobo	1	-5.3519	0.0254	0.0077
25	*Swietenia macrophylla*	Caoba	3	-4.2532	0.0605	0.0184
26	*Tabebuia rosea*	Macuilis	60	-1.2575	0.3576	0.1085
27	*Terminalia catappa*	Almendro	1	-5.3519	0.0254	0.0077
Subtotal			**211**	**-111.275**	**2.4366**	**0.7393**
H MAX					**3.2958**	

El valor obtenido del índice de Shannon máximo de 3.2958 de la vegetación del estrato arbóreo del Área de Influencia, en relación con el índice de Shannon obtenido de 2.4366 indica que este estrato vegetal, tiene una **Diversidad Media o Moderada**. El índice de equitatividad de Pielou también, indica que, el 73.93% de las especies se distribuyen de manera equitativa.

Tabla 25 Índice de Shannon de la vegetación del estrato arbustivo del Área de Influencia.

No.	Nombre Científico	Nombre Común	Ind.	LN Pi	Índice de Shannon H'	Índice de Pielou J'
1	*Aphelandra scabra*	Cola de gallo	2	-3.8501	0.0819	0.0342
2	*Bougainvillea glabra*	Bugambilia Mamey	3	-3.4447	0.1099	0.0458
3	*Cordyline fruticosa*	Banderilla Asiática	1	-4.5433	0.0483	0.0201
4	*Hibiscus schizopetalus*	Canastita	1	-4.5433	0.0483	0.0201
5	*Ixora coccinea*	Coralito asiático enano	8	-2.4639	0.2097	0.0875

No.	Nombre Científico	Nombre Común	Ind.	LN Pi	Índice de Shannon H'	Índice de Pielou J'
6	*Mimosa pigra*	Zarza negra	60	-0.4490	0.2866	0.1195
7	*Nerium oleander*	Adelfa Blanca y Rosa	1	-4.5433	0.0483	0.0201
8	*Pisonia aculeata*	Coma de Uña	7	-2.5974	0.1934	0.0807
9	*Sansevieria trifasciata*	Espada africana	3	-3.4447	0.1099	0.0458
10	*Solanum campechiens*	Tomate cimarron	6	-2.7515	0.1756	0.0732
11	*Thevetia ahouai*	Acotope	2	-3.8501	0.0819	0.0342
Subtotal			**94**	**-36.4813**	**1.3938**	**0.5812**
H MAX					**2.3979**	

El valor obtenido del índice de Shannon máximo de 1.3979 de la vegetación del estrato arbustivo del Área de Influencia, en relación con el índice de Shannon obtenido de 1.3938, indica que, este estrato vegetal tiene una **Diversidad Baja**. El índice de equitatividad de Pielou también, indica que, solo el 58.12% de las especies registradas en este estrato vegetal, se distribuyen de manera equitativa.

Tabla 26 Índice de Shannon de la vegetación del grupo de Palmas del Área de Influencia.

No.	Nombre Científico	Nombre Común	Ind.	LN Pi	Índice de Shannon H'	Índice de Pielou J'
1	*Adonidia merrillii*	Palma de Manila	3	-0.9808	0.3678	0.2653
2	*Attalea Butyracea*	Corozo	1	-2.0794	0.2599	0.1875
3	*Beaucarnea recurvata*	Pata de elefante	2	-1.3863	0.3466	0.2500
4	*Sabal yapa*	Guano	2	-1.3863	0.3466	0.2500
Subtotal			**8**	**-5.8328**	**1.3209**	**0.9528**
H MAX					**1.3863**	

El valor obtenido del índice de Shannon máximo de 1.3863 de la vegetación del grupo de Palmas del Área de Influencia, en relación con el índice máximo de Shannon obtenido de 1.3209, indica que, este estrato vegetal tiene una **Diversidad Baja**. El índice de equitatividad de Pielou también, indica que el 95.28% de las especies registradas en este estrato vegetal, se distribuyen de manera equitativa.

Tabla 27 Índice de Shannon de la vegetación del grupo de Hierbas del Área de Influencia.

No.	Nombre Científico	Nombre Común	Ind.	LN Pi	Índice de Shannon H'	Índice de Pielou J'
1	*Cenchrus echinatus*	Zacate Cadillo	28	-1.8663	0.2887	0.1314
2	*Cyperus odoratus*	Hierba del zopilote	22	-2.1075	0.2562	0.1166
3	*Dietes iridioides*	Iris Africana	1	-5.1985	0.0287	0.0131
4	*Echinodorus subalatus*	Cucharero	4	-3.8122	0.0842	0.0383
5	*Ipomoea hederifolia*	Frijolillo	5	-3.5891	0.0991	0.0451
6	*Sansevieria trifasciata*	Espada africana	1	-5.1985	0.0287	0.0131
7	*Sorghum halepense*	Zacate Johnson	86	-0.7441	0.3536	0.1609
8	*Stemodia durantifolia*	Contrayerba	4	-3.8122	0.0842	0.0383
9	*Syngonium angustatum*	Lengua de Vaca	30	-1.7973	0.2979	0.1356
Subtotal			**181**	**-28.1257**	**1.5213**	**0.6924**
H MAX					**2.1972**	

El valor obtenido del índice de Shannon máximo de 2.1972 de la vegetación del estrato de hierbas del Área de Influencia, en relación con el valor obtenido del Índice de Shannon de 1.5213 indica que este estrato tiene una **Diversidad Baja**. El índice de equitatividad de Pielou también, indica que la distribución equitativa de las especies es de aproximadamente el 69.24%.

A continuación, se describen los resultados obtenidos del IVI en el área de Influencia.

Tabla 28 IVI de la vegetación del estrato arbóreo del Área de Influencia.

No.	Nombre Científico	Nombre Común	Dominancia Relativa	Abundancia Relativa	Frecuencia Relativa	IVI	%
1	*Adonidia merrillii*	Palma de Manila	0.48	2.84	4.76	8.08	2.69
2	*Albizia lebbeck*	Acacia Amarilla	3.15	3.32	2.38	8.85	2.95
3	*Bursera simaruba*	Palo Mulato	1.58	0.95	2.38	4.91	1.64
4	*Cassia fistula*	Lluvia de oro	1.13	2.37	2.38	5.89	1.96
5	*Cedrela odorata*	Cedro	0.20	0.47	2.38	3.06	1.02
6	*Ceiba pentandra*	Ceiba	9.75	3.79	7.14	20.68	6.89
7	*Citrus deliciosa*	Mandarina	0.72	3.32	4.76	8.80	2.93
8	*Delonix regia*	Franboyán	0.30	0.47	2.38	3.15	1.05
9	*Enterolobium cyclocarpum*	Guanacaste	12.08	2.37	2.38	16.83	5.61
10	*Ficus benjamina*	Laurel de la India	19.47	16.59	7.14	43.20	**14.40**
11	*Guazuma ulmifolia*	Guásima	2.44	2.37	4.76	9.57	3.19
12	*Hampea rovirosae*	Majagua	0.09	0.47	2.38	2.94	0.98
13	*Handroanthus guayacan*	Guayacán	8.55	17.06	4.76	30.37	**10.12**
14	*Leucaena leucocephala*	Tepeguaje dormilón	2.86	3.32	2.38	8.56	2.85
15	*Mangifera indica*	Mango	0.81	1.42	4.76	6.99	2.33
16	*Melicoccus oliviformis*	Guaya	0.48	0.47	2.38	3.34	1.11
17	*Psidium guajava*	Guayaba	0.20	0.47	2.38	3.06	1.02
18	*Roseodendron donnell-smithii*	Primavera	0.10	0.47	2.38	2.96	0.99
19	*Roystonea regia*	Palma botella	0.28	0.95	2.38	3.61	1.20
20	*Samanea saman*	Cenicero	9.58	1.90	7.14	18.62	6.21
21	*Spathodea campanulata*	Tulipán Africano	2.75	1.90	2.38	7.03	2.34
22	*Spondias mombin*	Jobo	0.48	1.42	4.76	6.66	2.22
23	*Spondias purpurea*	Ciruela de huesito	0.30	0.47	2.38	3.15	1.05
24	*Sterculia apetala*	Castaño	0.20	0.47	2.38	3.06	1.02
25	*Swietenia macrophylla*	Caoba	2.33	1.42	2.38	6.13	2.04
26	*Tabebuia rosea*	Apamate Rosa	19.27	28.44	9.52	57.23	**19.08**
27	*Terminalia catappa*	Almendro Malabar	0.42	0.47	2.38	3.27	1.09
Total			**100.00**	**100.00**	**100.00**	**300.00**	**100.00**

En el estrato arbóreo de la vegetación del Área de Influencia, el IVI más alto lo presenta las especies: *Tabebuia rosea* (Apamate Rosa), *Ficus benjamina* (Laurel de la India) y *Handroanthus guayacan* (Guayacán). Estas 3 especies concentran el 43.60% del IVI total.

Tabla 29 IVI de la vegetación del estrato arbustivo del Área de Influencia.

No.	Nombre Científico	Nombre Común	Dominancia Relativa	Abundancia Relativa	Frecuencia Relativa	IVI	%
1	*Aphelandra scabra*	Cola de gallo	0.03	2.13	5.00	7.16	2.39
2	*Bougainvillea glabra*	Bugambilia Mamey	0.02	3.19	10.00	13.22	4.41
3	*Cordyline fruticosa*	Banderilla Asiática	0.00	1.06	5.00	6.06	2.02
4	*Hibiscus schizopetalus*	Canastita	0.00	1.06	5.00	6.07	2.02
5	*Ixora coccinea*	Coralito asiático enano	0.44	8.51	10.00	18.96	6.32
6	*Mimosa pigra*	Zarza negra	99.42	63.83	15.00	178.25	**59.42**
7	*Nerium oleander*	Adelfa Blanca y Rosa	0.00	1.06	5.00	6.06	2.02
8	*Pisonia aculeata*	Coma de Uña	0.06	7.45	15.00	22.51	7.50
9	*Sansevieria trifasciata*	Espada africana	0.00	3.19	15.00	18.19	6.06
10	*Solanum campechiens*	Tomate cimarron	0.00	6.38	5.00	11.38	3.79
11	*Thevetia ahouai*	Acotope	0.01	2.13	10.00	12.13	4.04
Total			**100.00**	**100.00**	**100.00**	**300.0**	**100.0**

En el estrato arbustivo de la vegetación del Área de Influencia, el IVI más alto lo presenta la especie *Mimosa pigra* (Zarza negra). Esta sola especie concentra el 59.42% del IVI total.

Tabla 30 IVI de la vegetación del grupo de Palmas del Área de Influencia.

No.	Nombre Científico	Nombre Común	Dominancia Relativa	Abundancia Relativa	Frecuencia Relativa	IVI	%
1	*Adonidia merrillii*	Palma de Manila	21.25	37.50	25.00	83.75	**27.92**
2	*Attalea Butyracea*	Corozo	7.08	12.50	25.00	44.58	14.86
3	*Beaucarnea recurvata*	Pata de elefante	70.85	25.00	25.00	120.85	**40.28**
4	*Sabal yapa*	Guano	0.82	25.00	25.00	50.82	16.94
Total			**100.00**	**100.00**	**100.00**	**300.00**	**100.00**

De las especies del grupo de Palmas de la vegetación del Área de Influencia, el mayor IVI lo tienen las especies: *Beaucarnea recurvata* (Pata de elefante) y *Adonidia merrillii* (Palma de Manila). Estas 2 especies concentran el 68.20% de las 4 especies totales.

Tabla 31 IVI de la vegetación del grupo de hierbas del Área de Influencia.

No.	Nombre Científico	Nombre Común	Dominancia Relativa	Abundancia Relativa	Frecuencia Relativa	IVI	%
1	*Cenchrus echinatus*	Zacate Cadillo	0.12	15.47	12.50	28.09	9.36
2	*Cyperus odoratus*	Hierba del zopilote	0.09	12.15	6.25	18.50	6.17
3	*Dietes iridioides*	Iris Africana	0.02	0.55	6.25	6.82	2.27
4	*Echinodorus subalatus*	Cucharero	0.00	2.21	12.50	14.71	4.90
5	*Ipomoea hederifolia*	Frijolillo	0.01	2.76	18.75	21.52	7.17
6	*Sansevieria trifasciata*	Espada africana	98.01	0.55	6.25	104.81	**34.94**
7	*Sorghum halepense*	Zacate Johnson	0.85	47.51	18.75	67.11	**22.37**
8	*Stemodia durantifolia*	Contrayerba	0.01	2.21	12.50	14.72	4.91
9	*Syngonium angustatum*	Lengua de Vaca	0.88	16.57	6.25	23.71	7.90
Total			**100.00**	**100.00**	**100.00**	**300.00**	**100.00**

De las 9 especies de la vegetación del estrato herbáceo del Área de Influencia, las especies: *Sansevieria trifasciata* (Espada africana) y *Sorghum halepense* (Zacate Johnson). Estas 2 especies concentran el 57.31% del IVI total.

Región Ecológica (RE)

Los resultados del Índice de Margalef para los estratos vegetales de la vegetación de Región Ecológica (RE), quedaría de la siguiente manera:

R= (10-1)/Ln (22) = 9/3.09 = **2.91** para el estrato Arbóreo

R= (3-1)/Ln (29) = 2/3.37 = **0.59** para el estrato Arbustivo

R= (2-1)/Ln (7) = 1/1.95 = **0.51** para el grupo de Palmas

R= (3-1)/Ln (13) = 2/2.56 = **0.78** para el estrato Herbáceo

Considerandos los resultados obtenidos de este indicador de la Vegetación de la región ecológica, el estrato arbóreo es el más diverso (Diversidad Media o Moderada), el estrato arbustivo, palmas y hierbas, en los tres casos con Diversidad Muy Baja.

A continuación, se muestran y describen los resultados obtenidos del Índice de Simpson en la región ecológica del Proyecto.

Tabla 32. Índice de Simpson de la vegetación del estrato arbóreo de la Región Ecológica.

No.	Nombre Científico	Nombre Común	Ind.	ni-1	ni*(ni-1)
1	*Cecropia peltata*	Guarumo	1	0	0
2	*Cedrela odorata*	Cedro	3	2	6
3	*Enterolobium cyclocarpum*	Guanacaste	1	0	0
4	*Guazuma ulmifolia*	Guásima	3	2	6
5	*Hampea rovirosae*	Majagua	2	1	2
6	*Inga vera*	Jinicuil	1	0	0
7	*Pithecellobium lanceolatum*	Conchil	3	2	6
8	*Swietenia macrophylla*	Caoba	1	0	0
9	*Tabebuia rosea*	Apamate Rosa	5	4	20
10	*Terminalia catappa*	Almendro Malabar	2	1	2
Subtotal			**22**	**12**	**42**
Índice de Simpson					**0.9091**
Simpson MAX					**0.9000**

El valor máximo que se puede obtener por el número total de especies de la vegetación del estrato arbóreo de la Región Ecológica es de 0.9000 y es resultado obtenido del índice de Simpson de 0.9091, que indica una **Diversidad Muy Alta.**

Tabla 33 Índice de Simpson de la vegetación del estrato arbustivo de la Región Ecológica.

No.	Nombre Científico	Nombre Común	Ind.	ni-1	ni*(ni-1)
1	*Pisonia aculeata*	Coma de Uña	2	1	2
2	*Solanum campechiens*	Tomate cimarron	26	25	650
3	*Thevetia ahouai*	Acotope	1	0	0
Subtotal			**29**	**26**	**652**
Índice de Simpson					**0.1970**
Simpson MAX					**0.6667**

El valor máximo que se puede obtener por el número total de especies de la vegetación del estrato arbustivo de la región ecológica es de 0.6667, por lo que el resultado obtenido del índice de Simpson de 0.1970 indica una **Diversidad Muy Baja**.

Tabla 34. Índice de Simpson de la vegetación para el grupo de palmas de la Región Ecológica.

No.	Nombre Científico	Nombre Común	Ind.	ni-1	ni*(ni-1)
1	*Attalea Butyracea*	Corozo	2	1	2
2	*Cocos nucifera*	Cocotero	5	4	20
Subtotal			**7**	**5**	**22**
Índice de Simpson					**0.4762**
Simpson MAX					**0.5000**

El valor máximo de Simpson que se puede obtener para el grupo vegetal de Palmas es de 0.500, por lo que el valor obtenido del índice de Simpson de 0.4762, indica que este grupo vegetal tiene una **Diversidad Media o Moderada**.

Tabla 35 Índice de Simpson de la vegetación para el estrato de hierbas de la Región Ecológica.

No.	Nombre Científico	Nombre Común	Ind.	ni-1	ni*(ni-1)
1	*Cenchrus echinatus*	Zacate Cadillo	1	0	0
2	*Ipomoea hederifolia*	Frijolillo	9	8	72
3	*Ricinus communis*	Higuerilla	3	2	6
Subtotal			**13**	**10**	**78**
Índice de Simpson					**0.5000**
Simpson MAX					**0.6667**

El valor máximo que se puede obtener para el estrato de hierbas de la vegetación de la región ecológica es de 0.8889, por lo que el valor obtenido del índice de Simpson de 0.7102, indica que este estrato vegetal tiene una **Diversidad Alta**.

A continuación, se muestran los resultados obtenidos del Índice de Shannon de la vegetación de la región ecológica.

Tabla 36 Índice de Shannon de la vegetación del estrato arbóreo de la Región Ecológica.

No.	Nombre Científico	Nombre Común	Ind.	LN Pi	Índice de Shannon H'	Índice de Pielou J'
1	*Cecropia peltata*	Guarumo	1	-3.0910	0.1405	0.0426
2	*Cedrela odorata*	Cedro	3	-1.9924	0.2717	0.0824
3	*Enterolobium cyclocarpum*	Guanacaste	1	-3.0910	0.1405	0.0426
4	*Guazuma ulmifolia*	Guásima	3	-1.9924	0.2717	0.0824
5	*Hampea rovirosae*	Majagua	2	-2.3979	0.2180	0.0661
6	*Inga vera*	Jinicuil	1	-3.0910	0.1405	0.0426
7	*Pithecellobium lanceolatum*	Conchil	3	-1.9924	0.2717	0.0824
8	*Swietenia macrophylla*	Caoba	1	-3.0910	0.1405	0.0426
9	*Tabebuia rosea*	Apamate Rosa	5	-1.4816	0.3367	0.1022
10	*Terminalia catappa*	Almendro Malabar	2	-2.3979	0.2180	0.0661
Subtotal			**22**	**-24.6186**	**2.1498**	**0.6520**
H MAX					**2.3026**	

El valor obtenido del índice de Shannon máximo de 2.3026 para el estrato arbóreo de la vegetación de la región ecológica, en relación con el índice de Shannon obtenido de 2.1498 indica que este estrato vegetal, tiene una **Diversidad Media o Moderada**. El índice de equitatividad de Pielou también, indica que, el 65.20% de las especies se distribuyen de manera equitativa.

Tabla 37 Índice de Shannon de la vegetación del estrato arbustivo de la Región Ecológica.

No.	Nombre Científico	Nombre Común	Ind.	LN Pi	Índice de Shannon H'	Índice de Pielou J'
1	*Pisonia aculeata*	Coma de Uña	2	-2.6741	0.1844	0.0769
2	*Solanum campechiens*	Tomate cimarron	26	-0.1092	0.0979	0.0408
3	*Thevetia ahouai*	Acotope	1	-3.3673	0.1161	0.0484
Subtotal			**29**	**-6.1506**	**0.3984**	**0.1661**
H MAX					**1.0986**	

El valor obtenido del índice de Shannon máximo de 1.0986 para el estrato arbustivo de la vegetación de la región ecológica, en relación con el índice de Shannon obtenido de 0.3984, indica que, este estrato vegetal tiene una **Diversidad Muy Baja**. El índice de equitatividad de Pielou también, indica que, solo el 16.61% de las especies registradas en este estrato vegetal, se distribuyen de manera equitativa.

Tabla 38. Índice de Shannon de la vegetación del grupo de Palmas de la Región Ecológica.

No.	Nombre Científico	Nombre Común	Ind.	LN Pi	Índice de Shannon H'	Índice de Pielou J'
1	*Attalea Butyracea*	Corozo	2	-1.2528	0.3579	0.1493
2	*Cocos nucifera*	Cocotero	5	-0.3365	0.2403	0.1002
Subtotal			**7**	**-1.5893**	**0.5982**	**0.2495**
H MAX					**0.6931**	

El valor obtenido del índice de Shannon máximo de 0.6931 para el grupo de Palmas de la vegetación de la región ecológica, en relación con el índice máximo de Shannon obtenido de 0.5982, indica que, este estrato

vegetal tiene una **Diversidad Muy Baja**. El índice de equitatividad de Pielou también, indica que el 24.95% de las especies registradas en este estrato vegetal, se distribuyen de manera equitativa.

Tabla 39 Índice de Shannon de la vegetación del grupo de Hierbas de la Región Ecológica.

No.	Nombre Científico	Nombre Común	Ind.	LN Pi	Índice de Shannon H'	Índice de Pielou J'
1	*Cenchrus echinatus*	Zacate Cadillo	1	-2.5649	0.1973	0.0898
2	*Ipomoea hederifolia*	Frijolillo	9	-0.3677	0.2546	0.1159
3	*Ricinus communis*	Higuerilla	3	-1.4663	0.3384	0.1540
Subtotal			**13**	**-4.3989**	**0.7903**	**0.3597**
H MAX					**1.0986**	

El valor obtenido del índice de Shannon máximo de 1.0986 para el estrato de hierbas de la vegetación de la región ecológica, en relación con el valor obtenido del Índice de Shannon de 0.7903 indica que este estrato tiene una **Diversidad Baja**. El índice de equitatividad de Pielou también, indica que la distribución equitativa de las especies es de aproximadamente el 35.97%.

A continuación, se describen los resultados obtenidos del IVI de la región ecológica.

Tabla 40 IVI de la vegetación del estrato arbóreo de la Región Ecológica.

No.	Nombre Científico	Nombre Común	Dominancia Relativa	Abundancia Relativa	Frecuencia Relativa	IVI	%
1	*Cecropia peltata*	Guarumo	5.09	4.55	9.09	18.72	6.24
2	*Cedrela odorata*	Cedro	2.62	13.64	9.09	25.35	8.45
3	*Enterolobium cyclocarpum*	Guanacaste	5.09	4.55	9.09	18.72	6.24
4	*Guazuma ulmifolia*	Guásima	13.36	13.64	9.09	36.09	**12.03**
5	*Hampea rovirosae*	Majagua	0.67	9.09	9.09	18.85	6.28
6	*Inga vera*	Jinicuil	1.66	4.55	9.09	15.30	5.10
7	*Pithecellobium lanceolatum*	Conchil	19.05	13.64	9.09	41.77	**13.92**
8	*Swietenia macrophylla*	Caoba	5.09	4.55	9.09	18.72	6.24
9	*Tabebuia rosea*	Apamate Rosa	35.71	22.73	18.18	76.62	**25.54**
10	*Terminalia catappa*	Almendro Malabar	11.68	9.09	9.09	29.86	9.95
Total			**100.00**	**100.00**	**100.00**	**300.00**	**100.00**

En el estrato arbóreo de la vegetación de la región ecológica, el IVI más alto lo presenta las especies: *Guazuma ulmifolia* (Guásima), *Pithecellobium lanceolatum* (Conchil) y *Tabebuia rosea* (Apamate Rosa). Estas 3 especies concentran el 51.49% del IVI total.

Tabla 41 IVI de la vegetación del estrato arbustivo de la Región Ecológica.

No.	Nombre Científico	Nombre Común	Dominancia Relativa	Abundancia Relativa	Frecuencia Relativa	IVI	%
1	*Pisonia aculeata*	Coma de Uña	65.43	6.90	25.00	97.33	32.44
2	*Solanum campechiens*	Tomate cimarron	13.29	89.66	50.00	152.95	**50.98**

No.	Nombre Científico	Nombre Común	Dominancia Relativa	Abundancia Relativa	Frecuencia Relativa	IVI	%
3	*Thevetia ahouai*	Acotope	21.28	3.45	25.00	49.73	16.58
Total			**100.00**	**100.00**	**100.00**	**300.0**	**100.0**

En el estrato arbustivo de la vegetación de la región ecológica, el IVI más alto lo presenta la especie *Solanum campechiens* (Tomate cimarron). Esta sola especie concentra el 50.98% del IVI total.

Tabla 42 IVI de la vegetación del grupo de Palmas de la Región Ecológica.

No.	Nombre Científico	Nombre Común	Dominancia Relativa	Abundancia Relativa	Frecuencia Relativa	IVI	%
1	*Attalea Butyracea*	Corozo	11.69	28.57	50.00	90.26	30.09
2	*Cocos nucifera*	Cocotero	88.31	71.43	50.00	209.74	**69.91**
Total			**100.00**	**100.00**	**100.00**	**300.00**	**100.00**

De las especies del grupo de Palmas de la región ecológica, el mayor IVI lo tiene la especie *Cocos nucifera* (Cocotero). Esta sola especie concentran el 69.91% de las 2 especies totales.

Tabla 43 IVI de la vegetación del grupo de hierbas de la Región Ecológica.

No.	Nombre Científico	Nombre Común	Dominancia Relativa	Abundancia Relativa	Frecuencia Relativa	IVI	%
1	*Cenchrus echinatus*	Zacate Cadillo	97.25	7.69	20.00	**124.94**	**41.65**
2	*Cyperus odoratus*	Hierba del zopilote	1.72	69.23	40.00	**110.95**	**36.98**
3	*Dietes iridioides*	Iris Africana	1.04	23.08	40.00	64.11	21.37
Total			**100.00**	**100.00**	**100.00**	**300.00**	**100.00**

De las 9 especies del estrato herbáceo de la región ecológica, la especie *Cenchrus echinatus (Zacate Cadillo)*. Esta especie concentran el 41.65% del IVI total.

3.2. Fauna

3.2.1. Fauna potencial en la zona del proyecto

Para conocer de manera puntual la biodiversidad potencial de la zona donde se encuentra el proyecto, se consultó la base de datos del Sistema Nacional de Información sobre Biodiversidad (SNIB) de la CONABIO, tomando como referencia un buffer del sitio del proyecto, de 3 km.

Los registros de fauna silvestre, muestran que, de los 221 vertebrados que se presentan, 164 son aves, 17 mamíferos, 27 reptiles y 13 anfibios, mismos que se muestran en las siguientes tablas.

Tabla 44 Distribución potencial de Reptiles en un buffer de 3 Km del sitio del proyecto.

Nombre Científico	Nombre Común	Tipo de Distribución	UICN	CITES	NOM-059
Anolis sagrei	Abaniquillo pardo del Caribe	Nativa	LC		SC
Anolis sericeus	Abaniquillo sedoso	Nativa	LC		SC
Basiliscus vittatus	Toloque rayado	Nativa	LC		SC
Boa imperator	Mazacuata	Nativa	LC	Apéndice II	A
Bothrops asper	Terciopelo	Nativa	LC		SC
Claudius angustatus	Tortuga almizclera chopontil	Nativa	NT	Apéndice II	P
Coniophanes imperialis	Culebra rayas negras	Nativa	LC		SC
Crocodylus moreletii	Cocodrilo de pantano	Nativa	LC	Apéndice II	Pr
Ctenosaura similis	Iguana negra de cola espinosa	Nativa	LC	Apéndice III	A
Drymobius margaritiferus	Culebra corredora de Petatillos	Nativa	LC		SC
Geophis sartorii	Culebra caracolera de oriente	Nativa	LC		SC
Hemidactylus frenatus	Besucona asiática	Exótica-Invasora	LC		SC
Iguana iguana	Iguana verde	Nativa	LC	Apéndice II	Pr
Indotyphlops braminus	Serpiente ciega afroasiática	Exótica-Invasora	LC		SC
Kinosternon leucostomum	Tortuga pecho quebrado labios blancos	Nativa	LC	Apéndice II	Pr
Lampropeltis abnorma	Falsa coralillo real centroamericana	Nativa	LC		SC
Leptophis mexicanus	Culebra perico mexicana	Nativa	LC		SC
Marisora lineola	Eslizón Maya	Nativa	LC		SC
Mastigodryas melanolomus	Culebra lagartijera común	Nativa	LC		SC
Ninia sebae	Culebra de cafetal espalda roja	Nativa	LC		SC
Oxybelis potosiensis	Bejuquillo café	Nativa	LC		SC
Rhinoclemmys areolata	Tortuga mojina de monte	Nativa	NT	Apéndice II	A
Sceloporus variabilis	Lagartija espinosa vientre rosado	Nativa	LC		SC
Sphaerodactylus glaucus	Geco enano collarejo	Nativa	LC		Pr
Staurotypus triporcatus	Guao tres lomos	Nativa	NT	Apéndice II	A
Thamnophis marcianus	Sochuate	Nativa	LC		A
LC: Preocupación menor, NT: Casi amenazado, NE: No Evaluado, A: Amenazada, Pr: Protección especial					

Tabla 45 Distribución potencial de Anfibios en un buffer de 3 Km del sitio del proyecto.

Nombre Científico	Nombre Común	Tipo de Distribución	UICN	CITES	NOM-059
Agalychnis taylori	Rana de árbol de ojos rojos	Nativa	LC	Apéndice II	Pr
Bolitoglossa mexicana	Salamandra lengua de hongo mexicana	Nativa	LC		Pr
Dendropsophus microcephalus	Rana de árbol amarilla	Nativa	LC		SC
Dermophis mexicanus	Cecilia mexicana	Nativa	LC		Pr
Eleutherodactylus planirostris	Rana chirriadora caribeña	Exótica	LC		SC
Incilius valliceps	Sapo costero	Nativa	LC		SC
Leptodactylus fragilis	Rana de bigotes	Nativa	LC		SC
Leptodactylus melanonotus	Ranita hojarasca	Nativa	LC		SC
Lithobates brownorum	Rana leopardo	Nativa	VU		Pr
Rhinella horribilis	Sapo gigante	Nativa	LC		SC
Scinax staufferi	Rana arborícola trompuda	Nativa	LC		Pr
Smilisca baudinii	Rana arborícola mexicana	Nativa	LC		Pr
Tlalocohyla loquax	Rana arbórea locuaz	Nativa	LC		Pr
LC: Preocupación menor, VU: Vulnerable, NE: No Evaluado, A: Amenazada, Pr: Protección especial, P: En Peligro de Extinción					

Tabla 46 Distribución potencial de Mamíferos en un buffer de 3 Km del sitio del proyecto.

Nombre Científico	Nombre Común	Tipo de Distribución	UICN	CITES	NOM-059
Alouatta palliata	Saraguato de manto	Nativa	VU	Apéndice I	P
Artibeus jamaicensis	Murciélago frutero	Nativa	LC		SC
Artibeus lituratus	Murciélago frugívoro gigante	Nativa	LC		SC
Coendou mexicanus	puercoespín tropical	Nativa	LC	Apéndice II	A
Didelphis marsupialis	Tlacuache sureño	Nativa	LC		SC
Didelphis virginiana	Tlacuache norteño	Nativa	LC		SC
Equus caballus	Caballo	Exótica-Invasora	LC		SC
Galictis vittata	Grisón	Nativa	LC		A
Glossophaga mutica	Murciélago lengüetón de Pallas	Nativa	LC		SC
Marmosa mexicana	Tlacuache ratón mexicano	Nativa	LC		SC
Nasua narica	Coatí	Nativa	LC	Apéndice III	SC
Philander vossi	Tlacuache cuatro ojos norteño	Nativa	LC		SC
Procyon lotor	Mapache	Nativa	LC		SC
Reithrodontomys fulvescens	Ratón cosechero leonado	Nativa	LC		SC
Sciurus aureogaster	Ardilla vientre rojo	Nativa	LC		SC
Tamandua mexicana	Tamandúa norteño	Nativa	LC	Apéndice III	SC
Trichechus manatus	Manatí del Caribe	Nativa	VU	Apéndice I	P
LC: Preocupación menor, VU: Vulnerable, NE: No Evaluado, A: Amenazada, Pr: Protección especial, P: En Peligro de Extinción					

Tabla 47 Distribución potencial de Aves en un buffer de 3 Km del sitio del Proyecto.



Nombre Científico	Nombre Común	Residencia	UICN	NOM-059
Actitis macularius	Playero alzacolita	MI	LC	SC
Agamia agami	Garza agami	R	VU	Pr
Agelaius phoeniceus	Tordo sargento	R/MI	LC	SC
Amazilia tzacatl	Colibrí Cola Canela	R	LC	SC
Amazilia yucatanensis	Colibrí Vientre Canelo	R	LC	SC
Amazona albifrons	Loro frente blanca	R	LC	Pr
Anhinga anhinga	Anhinga americana	R	LC	SC
Anthracothorax prevostii	Colibrí garganta negra	R	LC	SC
Antrostomus vociferus	Tapacaminos Cuerporruín Norteño	MI/R	LC	SC
Aramides albiventris	Rascón nuca canela	R	LC	SC
Aramus guarauna	Carrao	R	LC	A
Archilochus colubris	Colibrí garganta rubí	MI, T	LC	SC
Ardea alba	Garza blanca	R, MI	LC	SC
Ardea herodias	Garza morena	R, MI	LC	SC
Ardea ibis	Garcilla bueyera occidental	R, MI	LC	SC
Botaurus pinnatus	Avetoro neotropical	R	LC	A
Buteo brachyurus	Aguililla cola corta	R	LC	SC
Buteo plagiatus	Aguililla gris	R	LC	SC
Butorides virescens	Garcita Verde	R/MI	LC	SC
Campylorhynchus zonatus	Matraca tropical	R	LC	SC
Caracara plancus	Caracara quebrantahuesos	R	LC	SC
Cardellina canadensis	Chipe de collar	T	LC	SC
Cardinalis cardinalis	Cardenal rojo	R	LC	SC
Cathartes aura	Zopilote aura	R	LC	SC
Cathartes burrovianus	Zopilote sabanero	R	LC	Pr
Catharus minimus	Zorzal cara gris	T	LC	SC
Catharus ustulatus	Zorzal de Anteojos	T	LC	SC
Chloroceryle amazona	Martín pescador amazónico	R	LC	SC
Chloroceryle americana	Martín pescador verde	R	LC	SC
Chordeiles acutipennis	Chotacabras Menor	MV, MI, R	LC	SC
Chordeiles minor	Chotacabras zumbón	MV, T	LC	SC
Coccyzus americanus	Cuclillo pico amarillo	MV, T	LC	SC
Coccyzus erythropthalmus	Cuclillo pico negro	T	LC	SC
Coccyzus minor	Cuclillo manglero	R	LC	SC
Cochlearius cochlearius	Garza cucharón	R	LC	SC
Columba livia	paloma doméstica cimarrona	R	LC	SC
Columbina inca	Tortolita Cola Larga	R	LC	SC
Columbina talpacoti	Tortolita Canela	R	LC	SC
Contopus virens	Papamoscas del Este	T	LC	SC
Coragyps atratus	Zopilote común	R	LC	SC
Crax rubra	Hocofaisán	R	VU	A
Crotophaga sulcirostris	Garrapatero pijuy	R	LC	SC
Cyanocorax morio	Chara Pea	R	LC	SC
Cyanocorax yucatanicus	Chara yucateca	R	LC	SC

Nombre Científico	Nombre Común	Residencia	UICN	NOM-059
Dendrocygna autumnalis	Pijije Alas Blancas	R	LC	SC
Dives dives	Tordo cantor	R	LC	SC
Dryocopus lineatus	Carpintero lineado	R	LC	SC
Dumetella carolinensis	Maullador gris	MI	LC	SC
Egretta caerulea	Garza Azul	MI, R	LC	SC
Egretta thula	Garza dedos dorados	MI, R	LC	SC
Egretta tricolor	Garza Tricolor	MI, R	LC	SC
Empidonax flaviventris	Papamoscas Vientre Amarillo	MI	LC	SC
Empidonax minimus	Papamoscas Chico	MI	LC	SC
Empidonax virescens	Papamoscas Verdoso	T	LC	SC
Euphonia affinis	Eufonia garganta negra mesoamericana	R	LC	SC
Eupsittula nana	Perico pecho sucio	R	NT	Pr
Falco femoralis	Halcón fajado	R	LC	A
Falco peregrinus	Halcón Peregrino	R, MI	LC	Pr
Falco rufigularis	Halcón murcielaguero	R	LC	SC
Falco sparverius	Cernícalo americano	R, MI	LC	SC
Fulica americana	Gallareta americana	R, MI	LC	SC
Gelochelidon nilotica	Charrán pico grueso	R, MI	LC	SC
Geothlypis formosa	Chipe patilludo	MI	LC	SC
Geothlypis philadelphia	Chipe de Pechera	T, MI	LC	SC
Geothlypis poliocephala	Mascarita pico grueso	R	LC	SC
Geothlypis trichas	Mascarita común	MI, R	LC	SC
Geranospiza caerulescens	Gavilán zancón	R	LC	A
Glaucidium brasilianum	Tecolote bajeño	R	LC	SC
Helmitheros vermivorum	Chipe gusanero	MI	LC	SC
Herpetotheres cachinnans	Halcón guaco	R	LC	SC
Hesperoburhinus bistriatus	Alcaraván americano	R	LC	SC
Hirundo rustica	Golondrina tijereta	MV, MI, R, T	LC	SC
Hydroprogne caspia	Charrán del Caspio	MI, R	LC	SC
Hylocichla mustelina	Zorzal Moteado	MI	LC	SC
Icteria virens	Chipe Grande	MI, MV	LC	SC
Icterus cucullatus	Calandria Dorso Negro Menor	MI, MV, R	LC	SC
Icterus galbula	Calandria de Baltimore	MI	LC	SC
Icterus gularis	Calandria Dorso Negro Mayor	R	LC	SC
Icterus mesomelas	Calandria Cola Amarilla	R	LC	SC
Icterus spurius	Calandria Castaña	MI, MV	LC	SC
Ictinia mississippiensis	Milano de Mississippi	T	LC	Pr
Jacana spinosa	Jacana norteña	R	LC	SC
Larus delawarensis	Gaviota pico anillado	MI	LC	SC
Leiothlypis peregrina	Chipe peregrino	MI	LC	SC
Leptotila plumbeiceps	Paloma Cabeza Gris	R	LC	SC
Leucophaeus atricilla	Gaviota reidora	MI, R	LC	SC

Nombre Científico	Nombre Común	Residencia	UICN	NOM-059
Megaceryle alcyon	Martín pescador norteño	MI	LC	SC
Megaceryle torquata	Martín pescador de collar	R	LC	SC
Megarynchus pitangua	Luis pico grueso	R	LC	SC
Melanerpes aurifrons	Carpintero cheje	R	LC	SC
Melospiza lincolnii	Gorrión de Lincoln	MI	LC	SC
Mniotilta varia	Chipe trepador	MI	LC	SC
Momotus lessonii	Momoto Corona Negra	R	LC	SC
Mycteria americana	Cigüeña americana	MI, R	LC	Pr
Myiarchus crinitus	Papamoscas viajero	MI	LC	SC
Myiozetetes similis	Luisito Común	R	LC	SC
Nannopterum brasilianum	Cormorán Neotropical	R	LC	SC
Nyctanassa violacea	Garza Nocturna Corona Clara	R, MI	LC	SC
Nyctibius jamaicensis	Pájaro Estaca Norteño	R	LC	SC
Nycticorax nycticorax	Garza Nocturna Corona Negra	R, MI	LC	SC
Nyctidromus albicollis	Chotacabras pauraque	R	LC	SC
Ortalis vetula	Chachalaca Oriental	R	LC	SC
Pandion haliaetus	Águila Pescadora	MI, R	LC	SC
Pardirallus maculatus	Rascón pinto	R	LC	SC
Parkesia noveboracensis	Chipe charquero	MI	LC	SC
Passerina caerulea	Picogordo azul	MI, R, MV	LC	SC
Passerina ciris	Colorín sietecolores	MI, MV	LC	Pr
Passerina cyanea	Colorín azul	MI	LC	SC
Patagioenas cayennensis	Paloma Colorada	R	LC	SC
Patagioenas flavirostris	Paloma morada	R	LC	SC
Pelecanus erythrorhynchos	Pelícano Blanco Americano	MI	LC	SC
Pelecanus occidentalis	Pelícano café	R, MI	LC	SC
Pheucticus ludovicianus	Picogordo Degollado	MI, T	LC	SC
Pheugopedius maculipectus	Saltapared Moteado	R	LC	SC
Piaya cayana	Cuclillo Canelo Común	R	LC	SC
Piranga ludoviciana	Piranga capucha roja	MI	LC	SC
Piranga olivacea	Piranga escarlata	T	LC	SC
Piranga rubra	Piranga roja	MI, MV	LC	SC
Pitangus sulphuratus	Luis Bienteveo	R	LC	SC
Plegadis falcinellus	Ibis cara oscura	MI, R	LC	SC
Porphyrio martinica	Gallineta morada	R, MI	LC	SC
Protonotaria citrea	Chipe dorado	MI	LC	SC
Psarocolius montezuma	Oropéndola de Moctezuma	R	LC	Pr
Pteroglossus torquatus	Tucancillo collarejo	R	LC	Pr
Pyrocephalus rubinus	Papamoscas cardenalito	R, MI	LC	SC
Quiscalus mexicanus	Zanate mayor	R	LC	SC
Rostrhamus sociabilis	Gavilán caracolero	R	LC	Pr
Rupornis magnirostris	Aguililla caminera	R	LC	SC
Saltator atriceps	Saltador Cabeza Negra	R	LC	SC
Saltator grandis	Saltador gris mesoamericano	R	LC	SC

Nombre Científico	Nombre Común	Residencia	UICN	NOM-059
Seiurus aurocapilla	Chipe suelero	MI	LC	SC
Setophaga aestiva	Chipe Amarillo Norteño	MI	LC	SC
Setophaga americana	Chipe Pecho Manchado	MI	LC	SC
Setophaga castanea	Chipe castaño	T	LC	SC
Setophaga citrina	Chipe encapuchado	MI	LC	SC
Setophaga coronata	Chipe rabadilla amarilla	MI, R	LC	SC
Setophaga dominica	Chipe garganta amarilla	MI	LC	SC
Setophaga fusca	Chipe garganta naranja	T	LC	SC
Setophaga magnolia	Chipe de Magnolias	MI	LC	SC
Setophaga pensylvanica	Chipe Flancos Castaños	T, MI	LC	SC
Setophaga petechia	Chipe Manglero	MI, MV, T, R	LC	SC
Setophaga ruticilla	Pavito Migratorio	MI	LC	SC
Sphyrapicus varius	Carpintero Moteado	MI	LC	SC
Spinus psaltria	Jilguerito Dominico	R	LC	SC
Sporophila morelleti	Semillero de collar	R	LC	SC
Stelgidopteryx serripennis	Golondrina Alas Aserradas	R, MI	LC	SC
Streptopelia decaocto	Paloma de Collar Turca	R	LC	SC
Strix virgata	Búho café	R	LC	SC
Tachybaptus dominicus	Zambullidor Menor	R	LC	Pr
Tachycineta albilinea	Golondrina manglera	R	LC	SC
Thalasseus maximus	Charrán Real	MI, R	LC	SC
Thraupis abbas	Tangara Alas Amarillas	R	LC	SC
Thraupis episcopus	Tangara azulgrís	R	LC	SC
Tigrisoma mexicanum	Garza tigre mexicana	R	LC	Pr
Tityra semifasciata	Titira Puerquito	R	LC	SC
Turdus grayi	Mirlo Café	R	LC	SC
Tyrannus forficatus	Tirano tijereta rosado	MI, T, MV	LC	SC
Tyrannus melancholicus	Tirano Pirirí	R	LC	SC
Tyto furcata	lechuza común americana	R	LC	SC
Vermivora chrysoptera	Chipe Alas Amarillas	MI	NT	SC
Vireo griseus	Vireo Ojos Blancos	MI, R	LC	SC
Vireo solitarius	Vireo anteojillo	MI	LC	SC
Volatinia jacarina	Semillero brincador	R	LC	SC
Zenaida asiatica	Paloma Alas Blancas	R, MI	LC	SC

Pr: Protección especial, A: Amenazada, R: Residente, MI: Migratorio de Invierno, MV: Migratoria de Verano, T: Transitoria, EN: Endémica, SE: Semiendémica, CE: Cuasiendémica, Exo: Especie exótica, LC Preocupación Menor

De la totalidad de especies potenciales, las que se encuentran listadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010 y Anexo Normativo, se muestran en la siguiente tabla.

Tabla 48 Distribución potencial de especies listadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010 por grupo faunístico

Grupo	Nombre Científico	Nombre Común	Categoría
Anfibios	*Agalychnis taylori*	Rana de árbol de ojos rojos	Pr
	Bolitoglossa mexicana	Salamandra lengua de hongo mexicana	Pr
	Dermophis mexicanus	Cecilia mexicana	Pr

Grupo	Nombre Científico	Nombre Común	Categoría
	Lithobates brownorum	Rana leopardo	Pr
	Scinax staufferi	Rana arborícola trompuda	Pr
	Smilisca baudinii	Rana arborícola mexicana	Pr
	Tlalocohyla loquax	Rana arbórea locuaz	Pr
Aves	*Agamia agami*	Garza agami	Pr
	Amazona albifrons	Loro frente blanca	Pr
	Aramus guarauna	Carrao	A
	Botaurus pinnatus	Avetoro neotropical	A
	Cathartes burrovianus	Zopilote sabanero	Pr
	Crax rubra	Hocofaisán	A
	Eupsittula nana	Perico pecho sucio	Pr
	Falco femoralis	Halcón fajado	A
	Falco peregrinus	Halcón Peregrino	Pr
	Geranospiza caerulescens	Gavilán zancón	A
	Ictinia mississippiensis	Milano de Mississippi	Pr
	Mycteria americana	Cigüeña americana	Pr
	Passerina ciris	Colorín sietecolores	Pr
	Psarocolius montezuma	Oropéndola de Moctezuma	Pr
	Pteroglossus torquatus	Tucancillo collarejo	Pr
	Rostrhamus sociabilis	Gavilán caracolero	Pr
	Tachybaptus dominicus	Zambullidor Menor	Pr
	Tigrisoma mexicanum	Garza tigre mexicana	Pr
Mamíferos	*Alouatta palliata*	Saraguato de manto	P
	Coendou mexicanus	puercoespín tropical	A
	Galictis vittata	Grisón	A
	Trichechus manatus	Manatí del Caribe	P
Reptiles	*Boa imperator*	Mazacuata	A
	Claudius angustatus	Tortuga almizclera chopontil	P
	Crocodylus moreletii	Cocodrilo de pantano	Pr
	Ctenosaura similis	Iguana negra de cola espinosa	A
	Iguana iguana	Iguana verde	Pr
	Kinosternon leucostomum	Tortuga pecho quebrado labios blancos	Pr
	Rhinoclemmys areolata	Tortuga mojina de monte	A
	Sphaerodactylus glaucus	Geco enano collarejo	Pr
	Staurotypus triporcatus	Guao tres lomos	A
	Thamnophis marcianus	Sochuate	A

Del total de las especies potencialmente distribuidas en la zona del proyecto, 24 especies están listadas en la categoría de Protección Especial (Pr), 12 especies en la categoría de Amenazada (A) y 3 en Peligro de Extinción (P).

3.2.2. Muestreo de Fauna Silvestre

Para conocer y determinar de manera más precisa la diversidad faunística presente en la zona donde se pretende el proyecto, se diseña un muestreo que contempla el área de afectación del proyecto (AP), el área de Influencia (AI) y la Región Ecológica (RE) definida para este.

3.2.3. Método de muestreo

Para la realización del registro de fauna silvestre en campo, se visitó la zona de estudio en el mes de junio de 2026. Se establecieron en total 18 transectos para el muestreo de mamíferos y anfibios y reptiles y 18 puntos de observación para el registro de aves. El total de transectos y puntos de observación se distribuyó entre los tres tipos de territorio o área (AP, AI y RE) planteados, definiendo 6 transectos y 6 puntos de observación por cada uno.

En transectos de 50 m de longitud y ancho de 6 metros se realizó la búsqueda de huellas, rastros y evidencias de fauna silvestre, en diferentes horarios, en la mañana y en la tarde, para registrar el mayor número de individuos posibles. En las siguientes fotos se muestran evidencias de las actividades realizadas.



Imagen 10 Búsqueda de Fauna, así como huellas y rastros en transectos.

El tamaño de los puntos de observación definidos para el registro de aves fue de área circular de 11 m de radio, que da una superficie efectiva de observación de aves de 380.1336 m^2 cada uno.



Imagen 11 Observación y toma de evidencia de actividad de aves.

En las Tablas siguientes se presentan las coordenadas de inicio, intermedio y final de cada transecto realizado, así como también las coordenadas de los puntos de observación establecidos, tanto en el predio como en el Sistema Ambiental.

Tabla 49 Coordenadas UTM WGS84 Zona 14 N, del inicio y final de transectos.

Lugar	Transecto	Coordenada de inicio		Coordenada intermedia		Coordenada final		Longitud (m)	Superficie Total de Muestreo
		X	Y	X	Y	X	Y		
Área del Predio	01	504879	1990918	504884	1990943	504888	1990967	50	1800 m2 (50 m X 6m X 6m)
	02	504727	1990698	504743	1990717	504758	1990737	50	
	03	504689	1990914	504712	1990905	504735	1990895	50	
	04	504547	1990924	504571	1990929	504596	1990934	50	
	05	504447	1990936	504432	1990956	504417	1990976	50	
	06	504301	1991029	504317	1991048	504333	1991068	50	
Área de Influencia	01	505567	1990494	505580	1990515	505593	1990537	50	1800 m2 (50 m X 6m X 6m)
	02	505686	1991651	505702	1991670	505718	1991689	50	
	03	504891	1991541	504890	1991566	504890	1991591	50	
	04	504201	1990997	504215	1990977	504229	1990956	50	
	05	504484	1989807	504497	1989785	504509	1989763	50	
	06	505067	1990191	505085	1990174	505103	1990157	50	
Región Ecológica	01	506633	1990420	506651	1990403	506669	1990385	50	1800 m2 (50 m X 6m X 6m)
	02	506227	1992402	506212	1992422	506197	1992442	50	
	03	503398	1992570	503414	1992589	503429	1992608	50	
	04	502945	1990980	502961	1990999	502976	1991019	50	
	05	501785	1989495	501809	1989503	501832	1989512	50	
	06	505345	1989164	505361	1989184	505377	1989203	50	

Tabla 50 Coordenadas UTM WGS84 Zona 14 N y geográficas de los puntos de observación de aves.

Lugar	Punto de Observación	X	Y	Latitud N	Longitud O	Área Unitaria (m2)	Superficie Total de Muestreo
Área del Predio	01	504895	1990942	18° 0' 24.583" N	92° 57' 13.525" W		2280.8 m2 (380.13 m X 6m)
	02	504750	1990712	18° 0' 17.099" N	92° 57' 18.460" W		
	03	504713	1990904	18° 0' 23.374" N	92° 57' 19.718" W		
	04	504572	1990929	18° 0' 24.168" N	92° 57' 24.523" W	380.13	
	05	504432	1990956	18° 0' 25.064" N	92° 57' 29.284" W		
	06	504326	1991042	18° 0' 27.850" N	92° 57' 32.880" W		
Área de Influencia	01	505581	1990517	18° 0' 10.745" N	92° 56' 50.213" W	380.13	2280.8 m2 (380.13 m X 6m)
	02	505703	1991671	18° 0' 48.322" N	92° 56' 46.040" W		
	03	504890	1991566	18° 0' 44.893" N	92° 57' 13.685" W		
	04	504215	1990976	18° 0' 25.721" N	92° 57' 36.653" W		
	05	504497	1989785	17° 59' 46.941" N	92° 57' 27.079" W		
	06	505085	1990174	17° 59' 59.619" N	92° 57' 7.077" W		
Región Ecológica	01	506651	1990402	18° 0' 7.019" N	92° 56' 13.813" W	380.13	2280.8 m2 (380.13 m X 6m)
	02	506212	1992422	18° 1' 12.733" N	92° 56' 28.725" W		
	03	503414	1992589	18° 1' 18.199" N	92° 58' 3.900" W		
	04	502961	1990999	18° 0' 26.475" N	92° 58' 19.315" W		
	05	501809	1989503	17° 59' 37.793" N	92° 58' 58.495" W		
	06	505361	1989184	17° 59' 27.377" N	92° 56' 57.697" W		

En la siguiente Figura se muestra la ubicación de los transectos establecidos para muestreo de mamíferos, anfibios y reptiles, y en la posterior, los puntos de observación establecidos para el registro de aves. Ver Figura 1 y Figura 2.

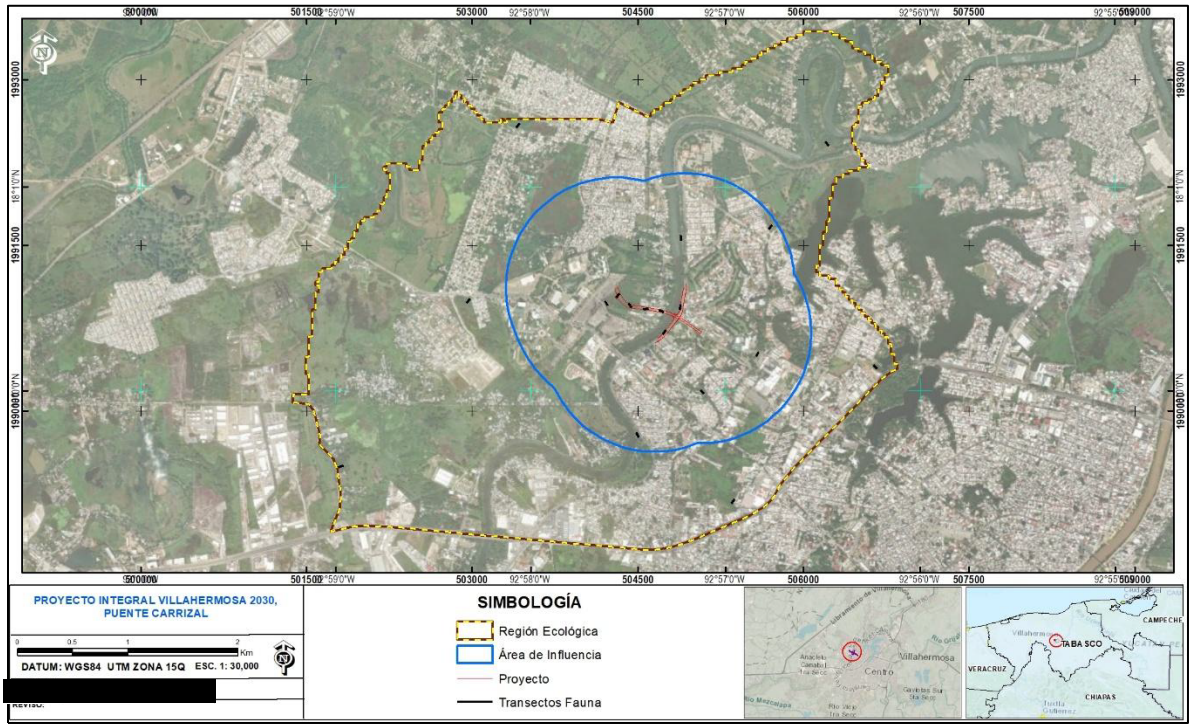


Imagen 12 Transectos de muestreo para fauna silvestre en AP, AI y RE.

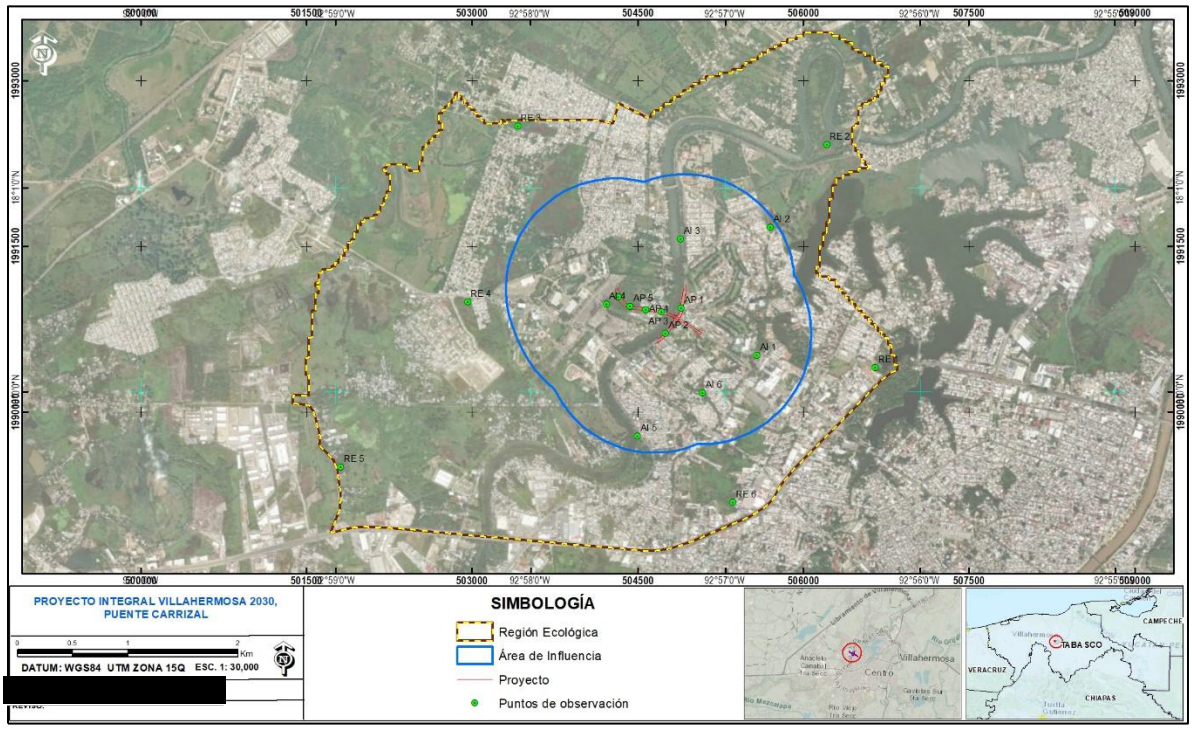


Imagen 13 Puntos de observación de fauna silvestre en AP, AI y RE.

En general se usaron métodos directos (observación) y métodos indirectos (fotografía, registros de rastros, huellas, madrigueras, excretas, huesos, rascaderas, echaderos, nidos, pelos, plumas, restos de comida, entrevistas informales o cualquier otro indicio que delate la presencia y actividad de fauna).

Para un mejor registro de las diferentes especies de vertebrados se implementaron varias técnicas de muestreo, de acuerdo con el grupo faunístico:

Anfibios: El muestreo de este grupo se llevó a cabo mediante la observación, captura y liberación de anfibios, mediante la selección específica del hábitat, durante un periodo vespertino-nocturno, de las 17:00 a las 18:30 h. Para la identificación se utilizó literatura especializada (Flores-Villela 1993, Lee 2000, Cálderon-Mandujano 2005, Liner 2007). Al respecto es importante señalar que no se registraron individuos de este grupo.

Reptiles: Con el método de búsqueda intensiva de reptiles, en cada uno de los transectos de Muestreo, se procedió a la localización de individuos de este grupo faunístico durante dos períodos, de las 09:00 a las 12:00 h y de las 17:00 a las 18:30 h. Debido al tema de permisos y por seguridad del personal, no fue posible realizar muestreos nocturnos para el registro de reptiles de actividad nocturna. Para el muestreo de reptiles, se caminó lentamente a través del área elegida revisando cada microhábitat potencial, tales como troncos de árboles huecos y hendiduras, tocones, bajo troncos caídos o piedras, entre la hojarasca y grietas. La colecta de los ejemplares se realiza directamente con la mano o con ayuda de gancho y/o pinzas herpetológicas. En otros casos, se registra la presencia de las especies por métodos indirectos: entrevistas informales con gente de la región, cadáveres, huesos, mudas, etc. Para la identificación se utilizó literatura especializada (Flores-Villela 1993, Lee 2000, Cálderon-Mandujano 2005, Liner 2007).

Aves: El registro de las diferentes especies de aves se llevó a cabo mediante la observación directa y por vocalizaciones, durante el recorrido en puntos de observación distibuidos en los diferentes territorios. Los registros de aves se tomaron con cámara digital con zoom óptico de 83x. Los muestreos fueron realizados durante dos periodos de las 6:30 a las 10:00 h y de las 16:00 a las 18:30 h. Para la identificación de las aves se utilizó literatura especializada (Peterson y Chalif 1989, Howell y Webb 1995, National Geographic 2002, Sibley 2000).

Mamíferos: Para el muestreo de campo sobre este grupo de vertebrados se realizaron recorridos por los transectos. Se utilizaron medios indirectos para detectar este grupo faunístico, en donde se buscaron rastros, huellas, madrigueras, excretas, huesos, rascaderas, echaderos, pelos, restos de comida, entrevistas informales, o cualquier otro indicio que delate la presencia y actividad de mamíferos. Para la identificación de los mamíferos se utilizó literatura especializada (Aranda 2000, 2012, Elbroch 2003, Ceballos y Oliva 2005, Reid 1997).

3.2.4. Muestreo en el Área del Proyecto (AP)

Como se mencionó anteriormente, para el Área del Proyecto se establecieron 6 transectos para el muestreo de fauna y 6 puntos de observación para el muestreo de aves. En total se registraron 70 especies considerando los diferentes grupos faunísticos.

3.2.4.1. Fauna registrada en campo en el área del proyecto (AP)

Como resultado de los trabajos de campo, para el Área del proyecto se registraron 70 especies distribuidas de la siguiente manera: 12 especies del grupo Anfibios y reptiles, 53 especies de aves y 5 especies de mamíferos. A continuación, se presenta el listado de especies reportado durante la visita de campo por grupo faunístico realizado en el AP.

Para el Anfibios y reptiles, en total se encontraron 12 especies pertenecientes a 11 familias. De las 12 especies registradas, 5 fueron registradas por observación directa, 6 por entrevista y 1 por observación y entrevista.

Tabla 51 Anfibios y reptiles registrados en el AP.

Familia	Especie	Nombre común	Tipo de Distribución	UICN	NOM-059	Tipo de registro
Anolidae	*Anolis sagrei*	Abaniquillo pardo del Caribe	Nativa	LC	SC	Avistamiento
Corytophanidae	*Basiliscus vittatus*	Toloque rayado	Nativa	LC	SC	Avistamiento
Boidae	*Boa imperator*	Mazacuata	Nativa	LC	A	Entrevista
Viperidae	*Bothrops asper*	Terciopelo	Nativa	LC	SC	Entrevista
Colubridae	*Coniophanes imperialis*	Culebra rayas negras	Nativa	LC	SC	Entrevista
Crocodylidae	*Crocodylus moreletii*	Cocodrilo de pantano	Nativa	LC	Pr	Entrevista
Iguanidae	*Ctenosaura similis*	Iguana negra de cola espinosa	Nativa	LC	A	Avistamiento
Gekkonidae	*Hemidactylus frenatus*	Besucona asiática	Exótica-Invasora	LC	SC	Avistamiento
Iguanidae	*Iguana iguana*	Iguana verde	Nativa	LC	Pr	Avistamiento
Kinosternidae	*Kinosternon leucostomum*	Tortuga pecho quebrado labios blancos	Nativa	LC	Pr	Entrevista
Bufonidae	*Rhinella horribilis*	Sapo gigante	Nativa	LC	SC	Entrevista
Hylidae	*Smilisca baudinii*	Rana arborícola mexicana	Nativa	LC	Pr	Avistamiento y entrevista

Los mamíferos estuvieron representados por 5 especies pertenecientes a 4 familias. 3 especies fueron registradas solo por entrevista, 1 observación y entrevista y 1 por observación directa. Ver tabla siguiente.

Tabla 52 Mamíferos registrados en el AP.

Familia	Especie	Nombre común	Tipo de Distribución	UICN	NOM-059	Tipo de registro
Atelidae	*Alouatta palliata*	Saraguato de manto	Nativo	VU	P	Entrevista

Procyonidae	*Nasua narica*	Coatí	Nativo	LC	sc	Avistamiento y entrevista
Procyonidae	*Procyon lotor*	Mapache	Nativo	LC	sc	Entrevista
Cricetidae	*Reithrodontomys fulvescens*	Ratón cosechero leonado	Nativo	LC	sc	Entrevista
Sciuridae	*Sciurus aureogaster*	Ardilla vientre rojo	Nativo	LC	sc	Avistamiento

El grupo de las aves estuvo representado por 53 especies, distribuidas en 29 familias. Las familias mejor representadas fueron Icteridae y Tyrannidae con 6 especies cada una. Del total de aves registradas en el Área del Proyecto, 39 especies son residentes (R), de las cuales, 6 tiene también algún otro estatus de residencia; y 20 son migratoria de invierno (MI). De todos los registros en este grupo, todas se registraron por observación directa y 2 de ellos también por entrevista.

Tabla 53 Listado Aves registradas en el AP.

Familia	Nombre Científico	Nombre Común	Tipo de Distribución	Residencia	Endemismo	UICN
Scolopacidae	*Actitis macularius*	Playero alzacolita	Nativa	MI	NE	LC
Icteridae	*Agelaius phoeniceus*	Tordo sargento	Nativa	R/MI	NE	LC
Trochilidae	*Amazilia tzacatl*	Colibrí Cola Canela	Nativa	R	NE	LC
Psittacidae	*Amazona albifrons*	Loro frente blanca	Nativa	R	NE	LC
Ardeidae	*Ardea alba*	Garza blanca	Nativa	R, MI	NE	LC
Accipitridae	*Buteo brachyurus*	Aguililla cola corta	Nativa	R	NE	LC
Falconidae	*Caracara plancus*	Caracara quebrantahuesos	Nativa	R	NE	LC
Cathartidae	*Cathartes aura*	Zopilote aura	Nativa	R	NE	LC
Columbidae	*Columba livia*	Paloma doméstica cimarrona	Exótica-Invasora	R	NE	LC
Columbidae	*Columbina inca*	Tortolita Cola Larga	Nativa	R	NE	LC
Cathartidae	*Coragyps atratus*	Zopilote común	Nativa	R	NE	LC
Cuculidae	*Crotophaga sulcirostris*	Garrapatero pijuy	Nativa	R	NE	LC
Corvidae	*Cyanocorax morio*	Chara Pea	Nativa	R	NE	LC
Anatidae	*Dendrocygna autumnalis*	Pijije Alas Blancas	Nativa	R	NE	LC
Icteridae	*Dives dives*	Tordo cantor	Nativa	R	NE	LC
Tyrannidae	*Empidonax flaviventris*	Papamoscas Vientre Amarillo	Nativa	MI	NE	LC
Fringillidae	*Euphonia affinis*	Eufonia garganta negra mesoamericana	Nativa	R	NE	LC
Falconidae	*Falco sparverius*	Cernícalo americano	Nativa	R, MI	NE	LC
Strigidae	*Glaucidium brasilianum*	Tecolote bajeño	Nativa	R	NE	LC
Hirundinidae	*Hirundo rustica*	Golondrina tijereta	Nativa	MV, MI, R, T	NE	LC
Icteriidae	*Icteria virens*	Chipe Grande	Nativa	MI, MV	NE	LC
Icteridae	*Icterus cucullatus*	Calandria Dorso Negro Menor	Nativa	MI, MV, R	SE	LC
Icteridae	*Icterus galbula*	Calandria de Baltimore	Nativa	MI	NE	LC

Familia	Nombre Científico	Nombre Común	Tipo de Distribución	Residencia	Endemismo	UICN
Icteridae	*Icterus gularis*	Calandria Dorso Negro Mayor	Nativa	R	NE	LC
Jacanidae	*Jacana spinosa*	Jacana norteña	Nativa	R	NE	LC
Alcedinidae	*Megaceryle torquata*	Martín pescador de collar	Nativa	R	NE	LC
Tyrannidae	*Megarynchus pitangua*	Luis pico grueso	Nativa	R	NE	LC
Picidae	*Melanerpes aurifrons*	Carpintero cheje	Nativa	R	NE	LC
Passerellidae	*Melospiza lincolnii*	Gorrión de Lincoln	Nativa	MI	NE	LC
Tyrannidae	*Myiozetetes similis*	Luisito Común	Nativa	R	NE	LC
Phalacrocoracidae	*Nannopterum brasilianum*	Cormorán Neotropical	Nativa	R	NE	LC
Cracidae	*Ortalis vetula*	Chachalaca Oriental	Nativa	R	NE	LC
Cardinalidae	*Passerina cyanea*	Colorín azul	Nativa	MI	NE	LC
Columbidae	*Patagioenas cayennensis*	Paloma Colorada	Nativa	R	NE	LC
Cardinalidae	*Pheucticus ludovicianus*	Picogordo Degollado	Nativa	MI, T	NE	LC
Troglodytidae	*Pheugopedius maculipectus*	Saltapared Moteado	Nativa	R	NE	LC
Cuculidae	*Piaya cayana*	Cuclillo Canelo Común	Nativa	R	NE	LC
Cardinalidae	*Piranga ludoviciana*	Piranga capucha roja	Nativa	MI	NE	LC
Cardinalidae	*Piranga rubra*	Piranga roja	Nativa	MI, MV	NE	LC
Tyrannidae	*Pitangus sulphuratus*	Luis Bienteveo	Nativa	R	NE	LC
Tyrannidae	*Pyrocephalus rubinus*	Papamoscas cardenalito	Nativa	R, MI	NE	LC
Icteridae	*Quiscalus mexicanus*	Zanate mayor	Nativa	R	NE	LC
Accipitridae	*Rupornis magnirostris*	Aguililla caminera	Nativa	R	NE	LC
Parulidae	*Setophaga aestiva*	Chipe Amarillo Norteño	Nativa	MI	NE	LC
Parulidae	*Setophaga dominica*	Chipe garganta amarilla	Nativa	MI	NE	LC
Picidae	*Sphyrapicus varius*	Carpintero Moteado	Nativa	MI	NE	LC
Thraupidae	*Sporophila morelleti*	Semillero de collar	Nativa	R	NE	LC
Hirundinidae	*Stelgidopteryx serripennis*	Golondrina Alas Aserradas	Nativa	R, MI	NE	LC
Columbidae	*Streptopelia decaocto*	Paloma de Collar Turca	Exótica-Invasora	R	NE	LC
Tityridae	*Tityra semifasciata*	Titira Puerquito	Nativa	R	NE	LC
Turdidae	*Turdus grayi*	Mirlo Café	Nativa	R	NE	LC
Tyrannidae	*Tyrannus melancholicus*	Tirano Pirirí	Nativa	R	NE	LC
Columbidae	*Zenaida asiatica*	Paloma Alas Blancas	Nativa	R, MI	NE	LC

R: Residente, MI: Migratorio de Invierno, MV: Migratoria de verano, NE: No endémica, LC Preocupación Menor

3.2.4.2. Especies de Fauna en la NOM-059-SEMARNAT-2010

En total se registraron 70 especies de fauna silvestre del área del proyecto (AP), de las cuales 8 figuran en la NOM-059-SEMARNAT-2010, en alguna categoría de riesgo.

Tabla 54 Fauna presente con alguna categoría en la NOM-059 en el AP.



Grupo Faunístico	Nombre Científico	Nombre Común	Categoría NOM-059
Anfibios y reptiles	*Boa imperator*	Mazacuata	A
	Crocodylus moreletii	Cocodrilo de pantano	Pr
	Ctenosaura similis	Iguana negra de cola espinosa	A
	Iguana iguana	Iguana verde	Pr
	Kinosternon leucostomum	Tortuga pecho quebrado labios blancos	Pr
	Smilisca baudinii	Rana arborícola mexicana	Pr
Aves	*Amazona albifrons*	Loro frente blanca	Pr
Mamíferos	*Alouatta palliata*	Saraguato de manto	P

3.2.4.3. Índices de Diversidad en el Área del Proyecto (AP)

Para evaluar la diversidad de especies en el área del Proyecto, entendiéndose esta como el número de especies en una unidad de área, se consideraron dos componentes principales la riqueza (número de especies) y la equitatividad (número de individuos de una sola especie).

Se usaron índices de diversidad que responde a la riqueza de especies y a la distribución de los individuos entre las especies, siendo estos el índice de Simpson, Shannon-Wiener, Margalef y el Índice de Pielou J'. Estos índices se aplicaron por grupo faunístico para la fauna registrada en los trabajos de campo, en el área del proyecto.

Índice de Margaleft.- Si calculamos este indicador para los diferentes grupos de fauna silvestre, quedaría de la siguiente manera:

R= (12-1)/Ln (54) = 11/3.99 = **2.76** para el grupo de anfibios y reptiles (Diversidad Media o Moderada).

R= (5-1)/Ln (23) = 4/3.14 = **1.28** para el grupo de mamíferos (Diversidad Baja).

R= (531-1)/Ln (270) = 52/5.60 = **9.29** para el grupo de aves (Diversidad Muy Alta).

De acuerdo al índice de Margaleft, los grupos faunísticos de "Anfibios y reptiles" presenta una diversidad media o moderada, "Mamíferos" tienen una diversidad Baja, mientras que el grupo de aves tiene una diversidad Muy Alta.

Índice de Simpson, Shannon y Pielou.- Se calcularon los índices de diversidad para cada grupo faunístico. En las Tablas siguientes se presentan los resultados para el grupo.

Tabla 55 Índice de diversidad de Simpson, Shannon y Pielou para el grupo de anfibios y reptiles del AP.

No.	Nombre Científico	Nombre Común	No. de Ind.	ni*(ni-1)	Índice de Shannon H'	Índice de Pielou J'
1	*Rhinella horribilis*	Sapo gigante	2	2	0.1221	0.0491
2	*Smilisca baudinii*	Rana arborícola mexicana	3	6	0.1606	0.0646
3	*Anolis sagrei*	Abaniquillo pardo del Caribe	13	156	0.3428	0.1380
4	*Basiliscus vittatus*	Toloque rayado	5	20	0.2203	0.0887
5	*Boa imperator*	Mazacuata	2	2	0.1221	0.0491

No.	Nombre Científico	Nombre Común	No. de Ind.	ni*(ni-1)	Índice de Shannon H'	Índice de Pielou J'
6	*Bothrops asper*	Terciopelo	2	2	0.1221	0.0491
7	*Coniophanes imperialis*	Culebra rayas negras	2	2	0.1221	0.0491
8	*Crocodylus moreletii*	Cocodrilo de pantano	2	2	0.1221	0.0491
9	*Ctenosaura similis*	Iguana negra de cola espinosa	10	90	0.3123	0.1257
10	*Hemidactylus frenatus*	Besucona asiática	6	30	0.2441	0.0982
11	*Iguana iguana*	Iguana verde	5	20	0.2203	0.0887
12	*Kinosternon leucostomum*	Tortuga pecho quebrado labios blancos	2	2	0.1221	0.0491
Total			**54**	**334**	**2.233**	**0.8985**
Simpson				**0.8833**	**H' MAX**	**2.4849**
Simpson MAX				**0.9167**		

El valor máximo del índice de Simpson que se puede obtener de las 11 especies del grupo de anfibios y reptiles es de 0.9167, asimismo la abundancia registrada en este grupo da como resultado del índice de Simpson un valor de 0.8833 que representa una **Diversidad Muy Alta**.

El valor máximo que se puede obtener del índice de Shannon es de 2.4849, con la abundancia registrada se obtiene un valor de 2.233 que indica que el grupo de reptiles tiene una **Diversidad Media o Moderada**.

El índice de similitud de Pielou, indica que el 89.85% de las especies se distribuyen de manera equitativa.

Tabla 56 Índice de diversidad de Simpson, Shannon y Pielou para el grupo de mamíferos del AP.

No.	Nombre Científico	Nombre Común	No. de Ind.	ni*(ni-1)	Índice de Shannon H'	Índice de Pielou J'
1	*Alouatta palliata*	Saraguato de manto	4	12	0.3042	0.1890
2	*Nasua narica*	Coatí	9	72	0.3671	0.2281
3	*Procyon lotor*	Mapache	2	2	0.2124	0.1320
4	*Reithrodontomys fulvescens*	Ratón cosechero leonado	4	12	0.3042	0.1890
5	*Sciurus aureogaster*	Ardilla vientre rojo	4	12	0.3042	0.1890
Total			**23**	**110**	**1.4921**	**0.9271**
Simpson				**0.7826**	**H' MAX**	**1.6094**
Simpson MAX				**0.8000**		

El valor máximo del índice de Simpson que se puede obtener de las 5 especies del grupo de mamíferos es de 0.8000, asimismo la abundancia registrada en este grupo da como resultado del índice de Simpson un valor de 0.7826 que representa una **Diversidad Alta**.

El valor máximo que se puede obtener del índice de Shannon es de 1.6094, con la abundancia registrada en el grupo de mamíferos se obtiene un valor de 1.4921 que indica una **Diversidad Baja**.

El índice de similitud de Pielou, indica que el 92.71% de las especies se distribuyen de manera equitativa.

Tabla 57 Índice de diversidad de Simpson, Shannon y Jacard para el grupo de Aves del AP.

No.	Nombre Científico	Nombre Común	No. de Ind.	ni*(ni-1)	Índice de Shannon H'	Índice de Pielou J'
1	*Actitis macularius*	Playero alzacolita	4	12	0.0624	0.0157

No.	Nombre Científico	Nombre Común	No. de Ind.	ni*(ni-1)	Índice de Shannon H'	Índice de Pielou J'
2	*Agelaius phoeniceus*	Tordo sargento	3	6	0.0500	0.0126
3	*Amazilia tzacatl*	Colibrí Cola Canela	2	2	0.0363	0.0091
4	*Amazona albifrons*	Loro frente blanca	6	30	0.0846	0.0213
5	*Ardea alba*	Garza blanca	7	42	0.0947	0.0239
6	*Buteo brachyurus*	Aguililla cola corta	2	2	0.0363	0.0091
7	*Caracara plancus*	Caracara quebrantahuesos	2	2	0.0363	0.0091
8	*Cathartes aura*	Zopilote aura	6	30	0.0846	0.0213
9	*Columba livia*	Paloma doméstica cimarrona	6	30	0.0846	0.0213
10	*Columbina inca*	Tortolita Cola Larga	6	30	0.0846	0.0213
11	*Coragyps atratus*	Zopilote común	8	56	0.1043	0.0263
12	*Crotophaga sulcirostris*	Garrapatero pijuy	6	30	0.0846	0.0213
13	*Cyanocorax morio*	Chara Pea	9	72	0.1134	0.0286
14	*Dendrocygna autumnalis*	Pijije Alas Blancas	6	30	0.0846	0.0213
15	*Dives dives*	Tordo cantor	2	2	0.0363	0.0091
16	*Empidonax flaviventris*	Papamoscas Vientre Amarillo	2	2	0.0363	0.0091
17	*Euphonia affinis*	Eufonia garganta negra mesoamericana	3	6	0.0500	0.0126
18	*Falco sparverius*	Cernícalo americano	2	2	0.0363	0.0091
19	*Glaucidium brasilianum*	Tecolote bajeño	2	2	0.0363	0.0091
20	*Hirundo rustica*	Golondrina tijereta	16	240	0.1675	0.0422
21	*Icteria virens*	Chipe Grande	4	12	0.0624	0.0157
22	*Icterus cucullatus*	Calandria Dorso Negro Menor	6	30	0.0846	0.0213
23	*Icterus galbula*	Calandria de Baltimore	6	30	0.0846	0.0213
24	*Icterus gularis*	Calandria Dorso Negro Mayor	7	42	0.0947	0.0239
25	*Jacana spinosa*	Jacana norteña	2	2	0.0363	0.0091
26	*Megaceryle torquata*	Martín pescador de collar	2	2	0.0363	0.0091
27	*Megarynchus pitangua*	Luis pico grueso	2	2	0.0363	0.0091
28	*Melanerpes aurifrons*	Carpintero cheje	4	12	0.0624	0.0157
29	*Melospiza lincolnii*	Gorrión de Lincoln	12	132	0.1384	0.0349
30	*Myiozetetes similis*	Luisito Común	12	132	0.1384	0.0349
31	*Nannopterum brasilianum*	Cormorán Neotropical	2	2	0.0363	0.0091
32	*Ortalis vetula*	Chachalaca Oriental	4	12	0.0624	0.0157
33	*Passerina cyanea*	Colorín azul	5	20	0.0739	0.0186
34	*Patagioenas cayennensis*	Paloma Colorada	7	42	0.0947	0.0239
35	*Pheucticus ludovicianus*	Picogordo Degollado	5	20	0.0739	0.0186
36	*Pheugopedius maculipectus*	Saltapared Moteado	4	12	0.0624	0.0157
37	*Piaya cayana*	Cuclillo Canelo Común	2	2	0.0363	0.0091
38	*Piranga ludoviciana*	Piranga capucha roja	3	6	0.0500	0.0126
39	*Piranga rubra*	Piranga roja	3	6	0.0500	0.0126
40	*Pitangus sulphuratus*	Luis Bienteveo	8	56	0.1043	0.0263
41	*Pyrocephalus rubinus*	Papamoscas cardenalito	2	2	0.0363	0.0091
42	*Quiscalus mexicanus*	Zanate mayor	19	342	0.1868	0.0470
43	*Rupornis magnirostris*	Aguililla caminera	2	2	0.0363	0.0091
44	*Setophaga aestiva*	Chipe Amarillo Norteño	5	20	0.0739	0.0186

No.	Nombre Científico	Nombre Común	No. de Ind.	ni*(ni-1)	Índice de Shannon H'	Índice de Pielou J'
45	*Setophaga dominica*	Chipe garganta amarilla	3	6	0.0500	0.0126
46	*Sphyrapicus varius*	Carpintero Moteado	2	2	0.0363	0.0091
47	*Sporophila morelleti*	Semillero de collar	6	30	0.0846	0.0213
48	*Stelgidopteryx serripennis*	Golondrina Alas Aserradas	5	20	0.0739	0.0186
49	*Streptopelia decaocto*	Paloma de Collar Turca	5	20	0.0739	0.0186
50	*Tityra semifasciata*	Titira Puerquito	3	6	0.0500	0.0126
51	*Turdus grayi*	Mirlo Café	4	12	0.0624	0.0157
52	*Tyrannus melancholicus*	Tirano Pirirí	6	30	0.0846	0.0213
53	*Zenaida asiatica*	Paloma Alas Blancas	8	56	0.1043	0.0263
Total			**270**	**1750**	**3.7759**	**0.9505**
Simpson				**0.9759**	**H' MAX**	**3.9703**
Simpson MAX				**0.9811**		

El valor máximo del índice de Simpson que se puede obtener de las 53 especies del grupo de aves es de 0.9811, asimismo la abundancia registrada en este grupo da como resultado del índice de Simpson un valor de 0.9759 que representa una **Diversidad Muy Alta.**

El valor máximo que se puede obtener del índice de Shannon es de 3.9703, con la abundancia registrada en el grupo de aves se obtiene un valor de 3.7759 que indica una **Diversidad Alta**.

El índice de similitud de Pielou, indica una distribución homogénea con una equitatividad cercana al 95%.

3.2.5. Muestreo en el Área de Influencia (AI)

Como en el Área del Proyecto, en el Área de Influencia también se establecieron 6 transectos para el muestreo de fauna y 6 puntos de observación para el muestreo de aves. En total se registraron 80 especies considerando los diferentes grupos faunísticos.

3.2.5.1. Fauna registrada en campo en el Área de Influencia (AI)

Como resultado de los trabajos de campo, para el Área de Influencia se registraron un total de 80 especies distribuidas de la siguiente manera: 14 especies del grupo Anfibios y reptiles, 60 especies de aves y 6 especies de mamíferos. A continuación, se presenta el listado de especies reportado durante la visita de campo por grupo faunístico realizado en el AI.

Para el Anfibios y reptiles, en total se encontraron 14 especies pertenecientes a 11 familias. De las 14 especies registradas, 5 fueron registradas por observación directa, 8 por entrevista y 1 por observación y entrevista.

Tabla 58 Anfibios y reptiles registrados en el AI.

Familia	Especie	Nombre común	Tipo de Distribución	UICN	NOM-059	Tipo de registro
Anolidae	*Anolis sagrei*	Abaniquillo pardo del Caribe	Nativa	LC	SC	Avistamiento
Corytophanidae	*Basiliscus vittatus*	Toloque rayado	Nativa	LC	SC	Avistamiento
Boidae	*Boa imperator*	Mazacuata	Nativa	LC	A	Entrevista
Viperidae	*Bothrops asper*	Terciopelo	Nativa	LC	SC	Entrevista
Colubridae	*Coniophanes imperialis*	Culebra rayas negras	Nativa	LC	SC	Entrevista
Crocodylidae	*Crocodylus moreletii*	Cocodrilo de pantano	Nativa	LC	Pr	Entrevista
Iguanidae	*Ctenosaura similis*	Iguana negra de cola espinosa	Nativa	LC	A	Avistamiento
Hylidae	*Dendropsophus microcephalus*	Rana de árbol amarilla	Nativa	LC	SC	Entrevista
Gekkonidae	*Hemidactylus frenatus*	Besucona asiática	Exótica-Invasora	LC	SC	Avistamiento
Iguanidae	*Iguana iguana*	Iguana verde	Nativa	LC	Pr	Avistamiento
Kinosternidae	*Kinosternon leucostomum*	Tortuga pecho quebrado labios blancos	Nativa	LC	Pr	Entrevista
Bufonidae	*Rhinella horribilis*	Sapo gigante	Nativa	LC	SC	Entrevista
Hylidae	*Smilisca baudinii*	Rana arborícola mexicana	Nativa	LC	Pr	Avistamiento y entrevista
Kinosternidae	*Staurotypus triporcatus*	Guao tres lomos	Nativa	NT	A	Entrevista

Los mamíferos estuvieron representados por 6 especies pertenecientes a 5 familias. 4 especies fueron registradas solo por entrevista, 1 observación y entrevista y 1 por observación directa. Ver tabla siguiente.

Tabla 59 Mamíferos registrados en el AI.

Familia	Especie	Nombre común	Tipo de Distribución	UICN	NOM-059	Tipo de registro
Atelidae	*Alouatta palliata*	Saraguato de manto	Nativa	VU	P	Entrevista
Didelphidae	*Didelphis marsupialis*	Tlacuache sureño	Nativa	LC	SC	Entrevista
Procyonidae	*Nasua narica*	Coatí	Nativa	LC	SC	Avistamiento y entrevista
Procyonidae	*Procyon lotor*	Mapache	Nativa	LC	SC	Entrevista
Cricetidae	*Reithrodontomys fulvescens*	Ratón cosechero leonado	Nativa	LC	SC	Entrevista
Sciuridae	*Sciurus aureogaster*	Ardilla vientre rojo	Nativa	LC	SC	Avistamiento

El grupo de las aves estuvo representado por 60 especies, distribuidas en 28 familias. Las familias mejor representadas fueron Icteridae y Tyrannidae con 6 especies cada una. Del total de aves registradas en el Área de Influencia, 45 especies son residentes (R), de las cuales, 11 tiene también algún otro estatus de residencia; y 24 son migratoria de invierno (MI), y una solo es Transitoria. De todos los registros en este grupo, 59 se registraron por observación directa y 2 de ellos también por entrevista, y 1 solo por entrevista.

Tabla 60 Listado Aves registradas en el AI.

Familia	Nombre Científico	Nombre Común	Tipo de Distribución	Residencia	Endemismo	UICN
Scolopacidae	*Actitis macularius*	Playero alzacolita	Nativa	MI	NE	LC
Icteridae	*Agelaius phoeniceus*	Tordo sargento	Nativa	R/MI	NE	LC
Trochilidae	*Amazilia tzacatl*	Colibrí Cola Canela	Nativa	R	NE	LC
Psittacidae	*Amazona albifrons*	Loro frente blanca	Nativa	R	NE	LC
Ardeidae	*Ardea alba*	Garza blanca	Nativa	R, MI	NE	LC
Ardeidae	*Butorides virescens*	Garcita Verde	Nativa	R/MI	NE	LC
Falconidae	*Caracara plancus*	Caracara quebrantahuesos	Nativa	R	NE	LC
Cathartidae	*Cathartes aura*	Zopilote aura	Nativa	R	NE	LC
Turdidae	*Catharus ustulatus*	Zorzal de Anteojos	Nativa	T	NE	LC
Alcedinidae	*Chloroceryle amazona*	Martín pescador amazónico	Nativa	R	NE	LC
Cuculidae	*Coccyzus americanus*	Cuclillo pico amarillo	Nativa	MV, T	NE	LC
Columbidae	*Columba livia*	Paloma doméstica cimarrona	Exótica-Invasora	R	NE	LC
Columbidae	*Columbina inca*	Tortolita Cola Larga	Nativa	R	NE	LC
Cathartidae	*Coragyps atratus*	Zopilote común	Nativa	R	NE	LC
Cuculidae	*Crotophaga sulcirostris*	Garrapatero pijuy	Nativa	R	NE	LC
Corvidae	*Cyanocorax morio*	Chara Pea	Nativa	R	NE	LC
Icteridae	*Dives dives*	Tordo cantor	Nativa	R	NE	LC
Picidae	*Dryocopus lineatus*	Carpintero lineado	Nativa	R	NE	LC
Tyrannidae	*Empidonax flaviventris*	Papamoscas Vientre Amarillo	Nativa	MI	NE	LC
Fringillidae	*Euphonia affinis*	Eufonia garganta negra mesoamericana	Nativa	R	NE	LC
Falconidae	*Falco peregrinus*	Halcón Peregrino	Nativa	R, MI	NE	LC
Falconidae	*Falco sparverius*	Cernícalo americano	Nativa	R, MI	NE	LC
Hirundinidae	*Hirundo rustica*	Golondrina tijereta	Nativa	MV, MI, R, T	NE	LC
Turdidae	*Hylocichla mustelina*	Zorzal Moteado	Nativa	MI	NE	LC
Icteriidae	*Icteria virens*	Chipe Grande	Nativa	MI, MV	NE	LC
Icteridae	*Icterus cucullatus*	Calandria Dorso Negro Menor	Nativa	MI, MV, R	SE	LC
Icteridae	*Icterus galbula*	Calandria de Baltimore	Nativa	MI	NE	LC
Icteridae	*Icterus gularis*	Calandria Dorso Negro Mayor	Nativa	R	NE	LC
Jacanidae	*Jacana spinosa*	Jacana norteña	Nativa	R	NE	LC
Alcedinidae	*Megaceryle torquata*	Martín pescador de collar	Nativa	R	NE	LC
Tyrannidae	*Megarynchus pitangua*	Luis pico grueso	Nativa	R	NE	LC
Picidae	*Melanerpes aurifrons*	Carpintero cheje	Nativa	R	NE	LC
Passerellidae	*Melospiza lincolnii*	Gorrión de Lincoln	Nativa	MI	NE	LC
Momotidae	*Momotus lessonii*	Momoto Corona Negra	Nativa	R	NE	LC
Tyrannidae	*Myiozetetes similis*	Luisito Común	Nativa	R	NE	LC

Familia	Nombre Científico	Nombre Común	Tipo de Distribución	Residencia	Endemismo	UICN
Phalacrocoracidae	*Nannopterum brasilianum*	Cormorán Neotropical	Nativa	R	NE	LC
Cracidae	*Ortalis vetula*	Chachalaca Oriental	Nativa	R	NE	LC
Cardinalidae	*Passerina cyanea*	Colorín azul	Nativa	MI	NE	LC
Columbidae	*Patagioenas cayennensis*	Paloma Colorada	Nativa	R	NE	LC
Cardinalidae	*Pheucticus ludovicianus*	Picogordo Degollado	Nativa	MI, T	NE	LC
Troglodytidae	*Pheugopedius maculipectus*	Saltapared Moteado	Nativa	R	NE	LC
Cuculidae	*Piaya cayana*	Cuclillo Canelo Común	Nativa	R	NE	LC
Cardinalidae	*Piranga ludoviciana*	Piranga capucha roja	Nativa	MI	NE	LC
Cardinalidae	*Piranga rubra*	Piranga roja	Nativa	MI, MV	NE	LC
Tyrannidae	*Pitangus sulphuratus*	Luis Bienteveo	Nativa	R	NE	LC
Tyrannidae	*Pyrocephalus rubinus*	Papamoscas cardenalito	Nativa	R, MI	NE	LC
Icteridae	*Quiscalus mexicanus*	Zanate mayor	Nativa	R	NE	LC
Accipitridae	*Rupornis magnirostris*	Aguililla caminera	Nativa	R	NE	LC
Parulidae	*Setophaga aestiva*	Chipe Amarillo Norteño	Nativa	MI	NE	LC
Parulidae	*Setophaga coronata*	Chipe rabadilla amarilla	Nativa	MI, R	NE	LC
Parulidae	*Setophaga dominica*	Chipe garganta amarilla	Nativa	MI	NE	LC
Picidae	*Sphyrapicus varius*	Carpintero Moteado	Nativa	MI	NE	LC
Fringillidae	*Spinus psaltria*	Jilguerito Dominico	Nativa	R	NE	LC
Thraupidae	*Sporophila morelleti*	Semillero de collar	Nativa	R	NE	LC
Hirundinidae	*Stelgidopteryx serripennis*	Golondrina Alas Aserradas	Nativa	R, MI	NE	LC
Columbidae	*Streptopelia decaocto*	Paloma de Collar Turca	Exótica-Invasora	R	NE	LC
Tityridae	*Tityra semifasciata*	Titira Puerquito	Nativa	R	NE	LC
Turdidae	*Turdus grayi*	Mirlo Café	Nativa	R	NE	LC
Tyrannidae	*Tyrannus melancholicus*	Tirano Pirirí	Nativa	R	NE	LC
Columbidae	*Zenaida asiatica*	Paloma Alas Blancas	Nativa	R, MI	NE	LC
R: Residente, MI: Migratorio de Invierno, MV: Migratoria de verano, NE: No endémica, LC Preocupación Menor						

3.2.5.2. Especies de Fauna en la NOM-059-SEMARNAT-2010

En total se registraron 70 especies de fauna silvestre del Área del Influencia (AI), de las cuales 10 figuran en la NOM-059-SEMARNAT-2010, en alguna categoría de riesgo.

Tabla 61 Fauna presente con alguna categoría en la NOM-059 en el AI.

Grupo Faunístico	Nombre Científico	Nombre Común	Categoría NOM-059
Anfibios y reptiles	*Smilisca baudinii*	Rana arborícola mexicana	Pr
	Boa imperator	Mazacuata	A
	Crocodylus moreletii	Cocodrilo de pantano	Pr
	Ctenosaura similis	Iguana negra de cola espinosa	A
	Iguana iguana	Iguana verde	Pr
	Kinosternon leucostomum	Tortuga pecho quebrado labios blancos	Pr
	Staurotypus triporcatus	Guao tres lomos	A
Aves	*Amazona albifrons*	Loro frente blanca	Pr
	Falco peregrinus	Halcón Peregrino	Pr
Mamíferos	*Alouatta palliata*	Saraguato de manto	P

3.2.5.3. Índices de Diversidad en el Área de Influencia (AI)

Para evaluar la diversidad de especies en el Área de Influencia, entendiéndose esta como el número de especies en una unidad de área, se consideraron dos componentes principales la riqueza (número de especies) y la equitatividad (número de individuos de una sola especie).

Se usaron índices de diversidad que responden a la riqueza de especies y a la distribución de los individuos entre las especies, siendo estos el índice de Simpson, Shannon-Wiener, Margalef y el Índice de Pielou J'. Estos índices se aplicaron por grupo faunístico para la fauna registrada en los trabajos de campo, en el Área de Influencia.

Índice de Margaleft.- Si calculamos este indicador para los diferentes grupos de fauna silvestre, quedaría de la siguiente manera:

R= (14-1)/Ln (59) = 13/4.08 = **3.19** para el grupo de anfibios y reptiles (Diversidad Media o Moderada).

R= (6-1)/Ln (23) = 5/3.14 = **1.59** para el grupo de mamíferos (Diversidad Baja).

R= (60-1)/Ln (282) = 59/5.64 = **10.46** para el grupo de aves (Diversidad Muy Alta).

De acuerdo al índice de Margaleft, el grupo faunístico de "Anfibios y reptiles" presenta una diversidad media o moderada, "Mamíferos" presenta una diversidad Baja, mientras que el grupo de aves tiene una diversidad Muy Alta.

Índice de Simpson, Shannon y Pielou.- Se calcularon los índices de diversidad para cada grupo faunístico registrado en el Área de Influencia. En las siguientes **Tablas** se presentan los resultados.

Tabla 62 Índice de diversidad de Simpson, Shannon y Pielou para el grupo de anfibios y reptiles del AI.

No.	Nombre Científico	Nombre Común	No. de Ind.	ni*(ni-1)	Índice de Shannon H'	Índice de Pielou J'
1	*Dendropsophus microcephalus*	Rana de árbol amarilla	2	2	0.1147	0.0435
2	*Rhinella horribilis*	Sapo gigante	2	2	0.1147	0.0435
3	*Smilisca baudinii*	Rana arborícola mexicana	4	12	0.1825	0.0692

No.	Nombre Científico	Nombre Común	No. de Ind.	ni*(ni-1)	Índice de Shannon H'	Índice de Pielou J'
4	*Anolis sagrei*	Abaniquillo pardo del Caribe	9	72	0.2868	0.1087
5	*Basiliscus vittatus*	Toloque rayado	6	30	0.2325	0.0881
6	*Boa imperator*	Mazacuata	2	2	0.1147	0.0435
7	*Bothrops asper*	Terciopelo	2	2	0.1147	0.0435
8	*Coniophanes imperialis*	Culebra rayas negras	2	2	0.1147	0.0435
9	*Crocodylus moreletii*	Cocodrilo de pantano	2	2	0.1147	0.0435
10	*Ctenosaura similis*	Iguana negra de cola espinosa	7	42	0.2529	0.0958
11	*Hemidactylus frenatus*	Besucona asiática	8	56	0.2709	0.1027
12	*Iguana iguana*	Iguana verde	9	72	0.2868	0.1087
13	*Kinosternon leucostomum*	Tortuga pecho quebrado labios blancos	2	2	0.1147	0.0435
14	*Staurotypus triporcatus*	Guao tres lomos	2	2	0.1147	0.0435
Total			**59**	**300**	**2.43**	**0.9212**
Simpson				**0.9123**	**H' MAX**	**2.6391**
Simpson MAX				**0.9286**		

El valor máximo del índice de Simpson que se puede obtener de las 14 especies del grupo de anfibios y reptiles es de 0.9286, asimismo la abundancia registrada en este grupo da como resultado del índice de Simpson un valor de 0.9123 que representa una **Diversidad Muy Alta**.

El valor máximo que se puede obtener del índice de Shannon es de 2.6391, con la abundancia registrada se obtiene un valor de 2.4300 que indica que el grupo de reptiles tiene una **Diversidad Moderada o Media**.

El índice de similitud de Pielou, indica una distribución homogénea con una equitatividad cercana al 92%.

Tabla 63 Índice de diversidad de Simpson, Shannon y Pielou para el grupo de mamíferos del AI

No.	Nombre Científico	Nombre Común	No. de Ind.	ni*(ni-1)	Índice de Shannon H'	Índice de Pielou J'
1	*Alouatta palliata*	Saraguato de manto	4	12	0.3042	0.1698
2	*Didelphis marsupialis*	Tlacuache sureño	2	2	0.2124	0.1185
3	*Nasua narica*	Coatí	9	72	0.3671	0.2049
4	*Procyon lotor*	Mapache	2	2	0.2124	0.1185
5	*Reithrodontomys fulvescens*	Ratón cosechero leonado	3	6	0.2657	0.1483
6	*Sciurus aureogaster*	Ardilla vientre rojo	3	6	0.2657	0.1483
Total			**23**	**100**	**1.6275**	**0.9083**
Simpson				**0.8024**	**H' MAX**	**1.7918**
Simpson MAX				**0.8333**		

El valor máximo del índice de Simpson que se puede obtener de las 6 especies del grupo de mamíferos es de 0.8333, asimismo la abundancia registrada en este grupo da como resultado del índice de Simpson un valor de 0.8024 que representa una **Diversidad Alta**.

El valor máximo que se puede obtener del índice de Shannon es de 1.7918, con la abundancia registrada en el grupo de mamíferos se obtiene un valor de 1.6275 que indica una **Diversidad Baja**.

El índice de similitud de Pielou, indica que el 90.83% de las especies se distribuyen de manera equitativa.

Tabla 64 Índice de diversidad de Simpson, Shannon y Jacard para el grupo de Aves del AI.

No.	Nombre Científico	Nombre Común	No. de Ind.	ni*(ni-1)	Índice de Shannon H'	Índice de Pielou J'
1	*Actitis macularius*	Playero alzacolita	3	6	0.0483	0.0118
2	*Agelaius phoeniceus*	Tordo sargento	5	20	0.0715	0.0175
3	*Amazilia tzacatl*	Colibrí Cola Canela	2	2	0.0351	0.0086
4	*Amazona albifrons*	Loro frente blanca	6	30	0.0819	0.0200
5	*Ardea alba*	Garza blanca	10	90	0.1184	0.0289
6	*Butorides virescens*	Garcita Verde	3	6	0.0483	0.0118
7	*Caracara plancus*	Caracara quebrantahuesos	2	2	0.0351	0.0086
8	*Cathartes aura*	Zopilote aura	7	42	0.0917	0.0224
9	*Catharus ustulatus*	Zorzal de Anteojos	5	20	0.0715	0.0175
10	*Chloroceryle amazona*	Martín pescador amazónico	2	2	0.0351	0.0086
11	*Coccyzus americanus*	Cuclillo pico amarillo	2	2	0.0351	0.0086
12	*Columba livia*	Paloma doméstica cimarrona	5	20	0.0715	0.0175
13	*Columbina inca*	Tortolita Cola Larga	6	30	0.0819	0.0200
14	*Coragyps atratus*	Zopilote común	7	42	0.0917	0.0224
15	*Crotophaga sulcirostris*	Garrapatero pijuy	6	30	0.0819	0.0200
16	*Cyanocorax morio*	Chara Pea	7	42	0.0917	0.0224
17	*Dives dives*	Tordo cantor	2	2	0.0351	0.0086
18	*Dryocopus lineatus*	Carpintero lineado	2	2	0.0351	0.0086
19	*Empidonax flaviventris*	Papamoscas Vientre Amarillo	2	2	0.0351	0.0086
20	*Euphonia affinis*	Eufonia garganta negra mesoamericana	2	2	0.0351	0.0086
21	*Falco peregrinus*	Halcón Peregrino	2	2	0.0351	0.0086
22	*Falco sparverius*	Cernícalo americano	2	2	0.0351	0.0086
23	*Hirundo rustica*	Golondrina tijereta	14	182	0.1491	0.0364
24	*Hylocichla mustelina*	Zorzal Moteado	4	12	0.0604	0.0148
25	*Icteria virens*	Chipe Grande	4	12	0.0604	0.0148
26	*Icterus cucullatus*	Calandria Dorso Negro Menor	5	20	0.0715	0.0175
27	*Icterus galbula*	Calandria de Baltimore	5	20	0.0715	0.0175
28	*Icterus gularis*	Calandria Dorso Negro Mayor	6	30	0.0819	0.0200
29	*Jacana spinosa*	Jacana norteña	2	2	0.0351	0.0086
30	*Megaceryle torquata*	Martín pescador de collar	2	2	0.0351	0.0086
31	*Megarynchus pitangua*	Luis pico grueso	3	6	0.0483	0.0118
32	*Melanerpes aurifrons*	Carpintero cheje	4	12	0.0604	0.0148
33	*Melospiza lincolnii*	Gorrión de Lincoln	10	90	0.1184	0.0289
34	*Momotus lessonii*	Momoto Corona Negra	2	2	0.0351	0.0086
35	*Myiozetetes similis*	Luisito Común	9	72	0.1099	0.0268
36	*Nannopterum brasilianum*	Cormorán Neotropical	2	2	0.0351	0.0086
37	*Ortalis vetula*	Chachalaca Oriental	5	20	0.0715	0.0175
38	*Passerina cyanea*	Colorín azul	4	12	0.0604	0.0148
39	*Patagioenas cayennensis*	Paloma Colorada	7	42	0.0917	0.0224
40	*Pheucticus ludovicianus*	Picogordo Degollado	6	30	0.0819	0.0200
41	*Pheugopedius maculipectus*	Saltapared Moteado	5	20	0.0715	0.0175
42	*Piaya cayana*	Cuclillo Canelo Común	2	2	0.0351	0.0086

No.	Nombre Científico	Nombre Común	No. de Ind.	ni*(ni-1)	Índice de Shannon H'	Índice de Pielou J'
43	*Piranga ludoviciana*	Piranga capucha roja	3	6	0.0483	0.0118
44	*Piranga rubra*	Piranga roja	3	6	0.0483	0.0118
45	*Pitangus sulphuratus*	Luis Bienteveo	11	110	0.1265	0.0309
46	*Pyrocephalus rubinus*	Papamoscas cardenalito	2	2	0.0351	0.0086
47	*Quiscalus mexicanus*	Zanate mayor	17	272	0.1693	0.0413
48	*Rupornis magnirostris*	Aguililla caminera	2	2	0.0351	0.0086
49	*Setophaga aestiva*	Chipe Amarillo Norteño	4	12	0.0604	0.0148
50	*Setophaga coronata*	Chipe rabadilla amarilla	2	2	0.0351	0.0086
51	*Setophaga dominica*	Chipe garganta amarilla	8	56	0.1011	0.0247
52	*Sphyrapicus varius*	Carpintero Moteado	2	2	0.0351	0.0086
53	*Spinus psaltria*	Jilguerito Dominico	3	6	0.0483	0.0118
54	*Sporophila morelleti*	Semillero de collar	4	12	0.0604	0.0148
55	*Stelgidopteryx serripennis*	Golondrina Alas Aserradas	6	30	0.0819	0.0200
56	*Streptopelia decaocto*	Paloma de Collar Turca	5	20	0.0715	0.0175
57	*Tityra semifasciata*	Titira Puerquito	3	6	0.0483	0.0118
58	*Turdus grayi*	Mirlo Café	3	6	0.0483	0.0118
59	*Tyrannus melancholicus*	Tirano Pirirí	6	30	0.0819	0.0200
60	*Zenaida asiatica*	Paloma Alas Blancas	7	42	0.0917	0.0224
Total			**282**	**1610**	**3.9122**	**0.9565**
Simpson				**0.9797**	**H' MAX**	**4.0943**
Simpson MAX				**0.9833**		

El valor máximo del índice de Simpson que se puede obtener de las 29 especies del grupo de aves es de 0.9833, asimismo la abundancia registrada en este grupo da como resultado del índice de Simpson un valor de 0.9797 que representa una **Diversidad Muy Alta.**

El valor máximo que se puede obtener del índice de Shannon es de 4.0943, con la abundancia registrada en el grupo de aves se obtiene un valor de 3.9122 que indica una **Diversidad Alta**.

El índice de similitud de Pielou, indica una distribución homogénea con una equitatividad cercana al 95%.

3.2.6. Muestreo en la Región Ecológica (RE)

Como en el Área del Proyecto, en la Región Ecológica también se establecieron 6 transectos para el muestreo de fauna y 6 puntos de observación para el muestreo de aves. En total se registraron 91 especies considerando los diferentes grupos faunísticos.

3.2.6.1. Fauna registrada en campo en la Región Ecológica (RE)

Como resultado de los trabajos de campo, se registraron 91 especies, distribuidas de la siguiente manera: 16 especies del grupo Anfibios y reptiles, 69 especies de aves y 6 especies de mamíferos. A continuación,

se presenta el listado de especies reportado durante la visita de campo por grupo faunístico realizado en la Región Ecológica.

El grupo de Anfibios y reptiles estuvo representado por 16 especies, pertenecientes a 13 familias. Ver tabla siguiente. Del total de especies registradas en este grupo, 5 fueron por observación directa, 10 por entrevista y 1 por observación y entrevista.

Tabla 65 Reptiles registrados en la RE.

Familia	Especie	Nombre común	Tipo de Distribución	UICN	NOM-059	Tipo de registro
Anolidae	*Anolis sagrei*	Abaniquillo pardo del Caribe	Nativa	LC	SC	Avistamiento
Corytophanidae	*Basiliscus vittatus*	Toloque rayado	Nativa	LC	SC	Avistamiento
Boidae	*Boa imperator*	Mazacuata	Nativa	LC	A	Entrevista
Plethodontidae	*Bolitoglossa mexicana*	Salamandra lengua de hongo mexicana	Nativa	LC	Pr	Entrevista
Viperidae	*Bothrops asper*	Terciopelo	Nativa	LC	SC	Entrevista
Colubridae	*Coniophanes imperialis*	Culebra rayas negras	Nativa	LC	SC	Entrevista
Crocodylidae	*Crocodylus moreletii*	Cocodrilo de pantano	Nativa	LC	Pr	Entrevista
Iguanidae	*Ctenosaura similis*	Iguana negra de cola espinosa	Nativa	LC	A	Avistamiento
Hylidae	*Dendropsophus microcephalus*	Rana de árbol amarilla	Nativa	LC	SC	Entrevista
Gekkonidae	*Hemidactylus frenatus*	Besucona asiática	Exótica-Invasora	LC	SC	Avistamiento
Iguanidae	*Iguana iguana*	Iguana verde	Nativa	LC	Pr	Avistamiento
Kinosternidae	*Kinosternon leucostomum*	Tortuga pecho quebrado labios blancos	Nativa	LC	Pr	Entrevista
Bufonidae	*Rhinella horribilis*	Sapo gigante	Nativa	LC	SC	Entrevista
Hylidae	*Smilisca baudinii*	Rana arborícola mexicana	Nativa	LC	Pr	Avistamiento y entrevista
Kinosternidae	*Staurotypus triporcatus*	Guao tres lomos	Nativa	NT	A	Entrevista
Emydidae	*Trachemys venusta*	Pecho de carey	Nativa	LC	SC	Entrevista

Los mamíferos estuvieron representados por 6 especies pertenecientes a 5 familias. De las 6 especies registradas en este grupo, 4 fueron registradas por entrevista, 1 por observación directa, y 1 por observación y entrevista. Ver tabla siguiente.

Tabla 66 Mamíferos registrados en la RE.

Familia	Especie	Nombre común	Tipo de Distribución	UICN	NOM-059	Tipo de registro
Atelidae	Alouatta palliata	Saraguato de manto	Nativo	VU	P	Entrevista
Didelphidae	Didelphis marsupialis	Tlacuache sureño	Nativo	LC	SC	Entrevista
Procyonidae	Nasua narica	Coatí	Nativo	LC	SC	Avistamiento y entrevista
Procyonidae	Procyon lotor	Mapache	Nativo	LC	SC	Entrevista

Familia	Especie	Nombre común	Tipo de Distribución	UICN	NOM-059	Tipo de registro
Cricetidae	Reithrodontomys fulvescens	Ratón cosechero leonado	Nativo	LC	SC	Entrevista
Sciuridae	Sciurus aureogaster	Ardilla vientre rojo	Nativo	LC	SC	Avistamiento

El grupo de las aves para la RE estuvo representado por 69 especies, distribuidas en 30 familias. Las familias mejor representadas fueron Icteridae y Tyrannidae con 7 especies cada una. Del total de aves registradas en el Área del predio, 52 especies son residentes (R), de las cuales, 13 tiene también algún otro estatus de residencia; y 10 son migratoria de invierno (MI), y 6 son Transitorias de las cuales 3 tiene también algún otro estatus de residencia. De todos los registros en este grupo, 65 se registraron por observación directa, 2 por entrevista, y 2 por observación directa y entrevista.

Tabla 67 Listado Aves registradas en la RE.

Familia	Nombre Científico	Nombre Común	Tipo de Distribución	Residencia	Endemismo	UICN
Scolopacidae	*Actitis macularius*	Playero alzacolita	Nativa	MI	NE	LC
Icteridae	*Agelaius phoeniceus*	Tordo sargento	Nativa	R/MI	NE	LC
Trochilidae	*Amazilia tzacatl*	Colibrí Cola Canela	Nativa	R	NE	LC
Psittacidae	*Amazona albifrons*	Loro frente blanca	Nativa	R	NE	LC
Ardeidae	*Ardea alba*	Garza blanca	Nativa	R, MI	NE	LC
Accipitridae	*Buteo brachyurus*	Aguililla cola corta	Nativa	R	NE	LC
Ardeidae	*Butorides virescens*	Garcita Verde	Nativa	R/MI	NE	LC
Falconidae	*Caracara plancus*	Caracara quebrantahuesos	Nativa	R	NE	LC
Cardinalidae	*Cardinalis cardinalis*	Cardenal rojo	Nativa	R	NE	LC
Cathartidae	*Cathartes aura*	Zopilote aura	Nativa	R	NE	LC
Turdidae	*Catharus ustulatus*	Zorzal de Anteojos	Nativa	T	NE	LC
Alcedinidae	*Chloroceryle amazona*	Martín pescador amazónico	Nativa	R	NE	LC
Cuculidae	*Coccyzus americanus*	Cuclillo pico amarillo	Nativa	MV, T	NE	LC
Columbidae	*Columba livia*	Paloma doméstica cimarrona	Exótica-Invasora	R	NE	LC
Columbidae	*Columbina inca*	Tortolita Cola Larga	Nativa	R	NE	LC
Tyrannidae	*Contopus virens*	Papamoscas del Este	Nativa	T	NE	LC
Cathartidae	*Coragyps atratus*	Zopilote común	Nativa	R	NE	LC
Cuculidae	*Crotophaga sulcirostris*	Garrapatero pijuy	Nativa	R	NE	LC
Corvidae	*Cyanocorax morio*	Chara Pea	Nativa	R	NE	LC
Anatidae	*Dendrocygna autumnalis*	Pijije Alas Blancas	Nativa	R	NE	LC
Icteridae	*Dives dives*	Tordo cantor	Nativa	R	NE	LC
Picidae	*Dryocopus lineatus*	Carpintero lineado	Nativa	R	NE	LC
Ardeidae	*Egretta thula*	Garza dedos dorados	Nativa	MI, R	NE	LC

Familia	Nombre Científico	Nombre Común	Tipo de Distribución	Residencia	Endemismo	UICN
Tyrannidae	*Empidonax flaviventris*	Papamoscas Vientre Amarillo	Nativa	MI	NE	LC
Fringillidae	*Euphonia affinis*	Eufonia garganta negra mesoamericana	Nativa	R	NE	LC
Falconidae	*Falco peregrinus*	Halcón Peregrino	Nativa	R, MI	NE	LC
Falconidae	*Falco sparverius*	Cernícalo americano	Nativa	R, MI	NE	LC
Parulidae	*Geothlypis trichas*	Mascarita común	Nativa	MI, R	NE	LC
Strigidae	*Glaucidium brasilianum*	Tecolote bajeño	Nativa	R	NE	LC
Hirundinidae	*Hirundo rustica*	Golondrina tijereta	Nativa	MV, MI, R, T	NE	LC
Turdidae	*Hylocichla mustelina*	Zorzal Moteado	Nativa	MI	NE	LC
Icteriidae	*Icteria virens*	Chipe Grande	Nativa	MI, MV	NE	LC
Icteridae	*Icterus cucullatus*	Calandria Dorso Negro Menor	Nativa	MI, MV, R	SE	LC
Icteridae	*Icterus galbula*	Calandria de Baltimore	Nativa	MI	NE	LC
Icteridae	*Icterus gularis*	Calandria Dorso Negro Mayor	Nativa	R	NE	LC
Jacanidae	*Jacana spinosa*	Jacana norteña	Nativa	R	NE	LC
Alcedinidae	*Megaceryle torquata*	Martín pescador de collar	Nativa	R	NE	LC
Tyrannidae	*Megarynchus pitangua*	Luis pico grueso	Nativa	R	NE	LC
Picidae	*Melanerpes aurifrons*	Carpintero cheje	Nativa	R	NE	LC
Passerellidae	*Melospiza lincolnii*	Gorrión de Lincoln	Nativa	MI	NE	LC
Momotidae	*Momotus lessonii*	Momoto Corona Negra	Nativa	R	NE	LC
Tyrannidae	*Myiozetetes similis*	Luisito Común	Nativa	R	NE	LC
Phalacrocoracidae	*Nannopterum brasilianum*	Cormorán Neotropical	Nativa	R	NE	LC
Cracidae	*Ortalis vetula*	Chachalaca Oriental	Nativa	R	NE	LC
Cardinalidae	*Passerina cyanea*	Colorín azul	Nativa	MI	NE	LC
Columbidae	*Patagioenas cayennensis*	Paloma Colorada	Nativa	R	NE	LC
Cardinalidae	*Pheucticus ludovicianus*	Picogordo Degollado	Nativa	MI, T	NE	LC
Troglodytidae	*Pheugopedius maculipectus*	Saltapared Moteado	Nativa	R	NE	LC
Cuculidae	*Piaya cayana*	Cuclillo Canelo Común	Nativa	R	NE	LC
Cardinalidae	*Piranga ludoviciana*	Piranga capucha roja	Nativa	MI	NE	LC
Cardinalidae	*Piranga rubra*	Piranga roja	Nativa	MI, MV	NE	LC

Familia	Nombre Científico	Nombre Común	Tipo de Distribución	Residencia	Endemismo	UICN
Tyrannidae	*Pitangus sulphuratus*	Luis Bienteveo	Nativa	R	NE	LC
Tyrannidae	*Pyrocephalus rubinus*	Papamoscas cardenalito	Nativa	R, MI	NE	LC
Icteridae	*Quiscalus mexicanus*	Zanate mayor	Nativa	R	NE	LC
Accipitridae	*Rupornis magnirostris*	Aguililla caminera	Nativa	R	NE	LC
Parulidae	*Setophaga aestiva*	Chipe Amarillo Norteño	Nativa	MI	NE	LC
Parulidae	*Setophaga coronata*	Chipe rabadilla amarilla	Nativa	MI, R	NE	LC
Parulidae	*Setophaga dominica*	Chipe garganta amarilla	Nativa	MI	NE	LC
Parulidae	*Setophaga fusca*	Chipe garganta naranja	Nativa	T	NE	LC
Picidae	*Sphyrapicus varius*	Carpintero Moteado	Nativa	MI	NE	LC
Fringillidae	*Spinus psaltria*	Jilguerito Dominico	Nativa	R	NE	LC
Thraupidae	*Sporophila morelleti*	Semillero de collar	Nativa	R	NE	LC
Hirundinidae	*Stelgidopteryx serripennis*	Golondrina Alas Aserradas	Nativa	R, MI	NE	LC
Columbidae	*Streptopelia decaocto*	Paloma de Collar Turca	Exótica-Invasora	R	NE	LC
Thraupidae	*Thraupis episcopus*	Tangara azulgrís	Nativa	R	NE	LC
Tityridae	*Tityra semifasciata*	Titira Puerquito	Nativa	R	NE	LC
Turdidae	*Turdus grayi*	Mirlo Café	Nativa	R	NE	LC
Tyrannidae	*Tyrannus melancholicus*	Tirano Pirirí	Nativa	R	NE	LC
Columbidae	*Zenaida asiatica*	Paloma Alas Blancas	Nativa	R, MI	NE	LC
R: Residente, MI: Migratorio de Invierno, MV: Migratoria de verano, NE: No endémica, LC Preocupación Menor						

3.2.6.2. Especies de Fauna en la NOM-059-SEMARNAT-2010

En total se registraron 91 especies de fauna silvestre en la Región Ecológica definida (RE), de las cuales 11 figuran en la NOM-059-SEMARNAT-2010, en alguna categoría de riesgo.

Tabla 68 Fauna presente con alguna categoría en la NOM-059 en la RE.

Grupo Faunístico	Nombre Científico	Nombre Común	Categoría NOM-059
Anfibios y reptiles	*Boa imperator*	Mazacuata	A
	Bolitoglossa mexicana	Salamandra lengua de hongo mexicana	Pr
	Crocodylus moreletii	Cocodrilo de pantano	Pr
	Ctenosaura similis	Iguana negra de cola espinosa	A
	Iguana iguana	Iguana verde	Pr
	Kinosternon leucostomum	Tortuga pecho quebrado labios blancos	Pr
	Smilisca baudinii	Rana arborícola mexicana	Pr
	Staurotypus triporcatus	Guao tres lomos	A
Aves	*Amazona albifrons*	Loro frente blanca	Pr
	Falco peregrinus	Halcón Peregrino	Pr
Mamíferos	*Alouatta palliata*	Saraguato de manto	P

3.2.6.3. Índices de Diversidad en la Región Ecológica (RE)

Para evaluar la diversidad de especies en la Región Ecológica, entendiéndose esta como el número de especies en una unidad de área, se consideraron dos componentes principales la riqueza (número de especies) y la equitatividad (número de individuos de una sola especie).

Se usaron índices de diversidad que responden a la riqueza de especies y a la distribución de los individuos entre las especies, siendo estos el índice de Simpson, Shannon-Wiener, Margalef y el Índice de Pielou J'. Estos índices se aplicaron por grupo faunístico para la fauna registrada en los trabajos de campo, en la Región Ecológica.

Índice de Margaleft.- Si calculamos este indicador para los diferentes grupos de fauna silvestre, quedaría de la siguiente manera:

R= (16-1)/Ln (64) = 15/4.16 = **3.61** para el grupo de anfibios y reptiles (Diversidad Media o Moderada).

R= (6-1)/Ln (33) = 5/3.50 = **1.43** para el grupo de mamíferos (Diversidad Baja).

R= (69-1)/Ln (376) = 68/5.93 = **11.47** para el grupo de aves (Diversidad Muy Alta).

De acuerdo con el índice de Margaleft, los grupos faunísticos de "Anfibios y reptiles" tienen una diversidad media o moderada, el grupo de mamíferos presenta una diversidad baja, mientras que el grupo de aves tiene una diversidad Muy Alta.

Índice de Simpson, Shannon y Pielou.- Se calcularon los índices de diversidad para cada grupo faunístico. En las siguientes **Tablas** se presentan los resultados.

Tabla 69 Índice de diversidad de Simpson, Shannon y Pielou para el grupo de anfibios y reptiles de la RE.

No.	Nombre Científico	Nombre Común	No. de Ind.	ni*(ni-1)	Índice de Shannon H'	Índice de Pielou J'
1	*Bolitoglossa mexicana*	Salamandra lengua de hongo mexicana	2	2	0.1083	0.0410
2	*Dendropsophus microcephalus*	Rana de árbol amarilla	2	2	0.1083	0.0410
3	*Rhinella horribilis*	Sapo gigante	2	2	0.1083	0.0410

No.	Nombre Científico	Nombre Común	No. de Ind.	ni*(ni-1)	Índice de Shannon H'	Índice de Pielou J'
4	*Smilisca baudinii*	Rana arborícola mexicana	3	6	0.1435	0.0544
5	*Anolis sagrei*	Abaniquillo pardo del Caribe	13	156	0.3238	0.1227
6	*Basiliscus vittatus*	Toloque rayado	5	20	0.1992	0.0755
7	*Boa imperator*	Mazacuata	2	2	0.1083	0.0410
8	*Bothrops asper*	Terciopelo	2	2	0.1083	0.0410
9	*Coniophanes imperialis*	Culebra rayas negras	2	2	0.1083	0.0410
10	*Crocodylus moreletii*	Cocodrilo de pantano	2	2	0.1083	0.0410
11	*Ctenosaura similis*	Iguana negra de cola espinosa	10	90	0.2900	0.1099
12	*Hemidactylus frenatus*	Besucona asiática	6	30	0.2219	0.0841
13	*Iguana iguana*	Iguana verde	7	42	0.2420	0.0917
14	*Kinosternon leucostomum*	Tortuga pecho quebrado labios blancos	2	2	0.1083	0.0410
15	*Staurotypus triporcatus*	Guao tres lomos	2	2	0.1083	0.0410
16	*Trachemys venusta*	Pecho de carey	2	2	0.1083	0.0410
Total			**64**	**364**	**2.5034**	**0.9483**
Simpson				**0.9097**	**H' MAX**	**2.7726**
Simpson MAX				**0.9375**		

El valor máximo del índice de Simpson que se puede obtener de las 16 especies del grupo de anfibios y reptiles es de 0.9375, asimismo la abundancia registrada en este grupo da como resultado del índice de Simpson un valor de 0.9097 que representa una **Diversidad Muy Alta**.

El valor máximo que se puede obtener del índice de Shannon es de 2.7726, con la abundancia registrada se obtiene un valor de 2.5034 que indica que el grupo de reptiles tiene una **Diversidad Media o Moderada**.

El índice de similitud de Pielou, indica que el 94.83% de las especies se distribuyen de manera equitativa.

Tabla 70 Índice de diversidad de Simpson, Shannon y Pielou para el grupo de mamíferos de la RE.

No.	Nombre Científico	Nombre Común	No. de Ind.	ni*(ni-1)	Índice de Shannon H'	Índice de Pielou J'
1	*Alouatta palliata*	Saraguato de manto	6	30	0.3100	0.1730
2	*Didelphis marsupialis*	Tlacuache sureño	5	20	0.2859	0.1596
3	*Nasua narica*	Coatí	10	90	0.3618	0.2019
4	*Procyon lotor*	Mapache	2	2	0.1699	0.0948
5	*Reithrodontomys fulvescens*	Ratón cosechero leonado	6	30	0.3100	0.1730
6	*Sciurus aureogaster*	Ardilla vientre rojo	4	12	0.2558	0.1428
Total			**33**	**184**	**1.6934**	**0.9451**
Simpson				**0.8258**	**H' MAX**	**1.7918**
Simpson MAX				**0.8333**		

El valor máximo del índice de Simpson que se puede obtener de las 6 especies del grupo de mamíferos es de 0.8333, asimismo la abundancia registrada en este grupo da como resultado del índice de Simpson un valor de 0.8258 que representa una **Diversidad Muy Alta**.

El valor máximo que se puede obtener del índice de Shannon es de 1.7918, con la abundancia registrada en el grupo de mamíferos se obtiene un valor de 1.6934 que indica una **Diversidad Baja**.

El índice de similitud de Pielou, indica una distribución homogénea con una equitatividad cercana al 94%.

Tabla 71 Índice de diversidad de Simpson, Shannon y Jacard para el grupo de Aves de la RE.

No.	Nombre Científico	Nombre Común	No. de Ind.	ni*(ni-1)	Índice de Shannon H'	Índice de Pielou J'
1	*Actitis macularius*	Playero alzacolita	6	30	0.0660	0.0161
2	*Agelaius phoeniceus*	Tordo sargento	5	20	0.0574	0.0140
3	*Amazilia tzacatl*	Colibrí Cola Canela	2	2	0.0279	0.0068
4	*Amazona albifrons*	Loro frente blanca	6	30	0.0660	0.0161
5	*Ardea alba*	Garza blanca	11	110	0.1033	0.0252
6	*Buteo brachyurus*	Aguililla cola corta	2	2	0.0279	0.0068
7	*Butorides virescens*	Garcita Verde	5	20	0.0574	0.0140
8	*Caracara plancus*	Caracara quebrantahuesos	3	6	0.0385	0.0094
9	*Cardinalis cardinalis*	Cardenal rojo	3	6	0.0385	0.0094
10	*Cathartes aura*	Zopilote aura	8	56	0.0819	0.0200
11	*Catharus ustulatus*	Zorzal de Anteojos	4	12	0.0483	0.0118
12	*Chloroceryle amazona*	Martín pescador amazónico	2	2	0.0279	0.0068
13	*Coccyzus americanus*	Cuclillo pico amarillo	2	2	0.0279	0.0068
14	*Columba livia*	Paloma doméstica cimarrona	8	56	0.0819	0.0200
15	*Columbina inca*	Tortolita Cola Larga	6	30	0.0660	0.0161
16	*Contopus virens*	Papamoscas del Este	3	6	0.0385	0.0094
17	*Coragyps atratus*	Zopilote común	9	72	0.0893	0.0218
18	*Crotophaga sulcirostris*	Garrapatero pijuy	7	42	0.0742	0.0181
19	*Cyanocorax morio*	Chara Pea	11	110	0.1033	0.0252
20	*Dendrocygna autumnalis*	Pijije Alas Blancas	8	56	0.0819	0.0200
21	*Dives dives*	Tordo cantor	4	12	0.0483	0.0118
22	*Dryocopus lineatus*	Carpintero lineado	3	6	0.0385	0.0094
23	*Egretta thula*	Garza dedos dorados	3	6	0.0385	0.0094
24	*Empidonax flaviventris*	Papamoscas Vientre Amarillo	2	2	0.0279	0.0068
25	*Euphonia affinis*	Eufonia garganta negra mesoamericana	3	6	0.0385	0.0094
26	*Falco peregrinus*	Halcón Peregrino	2	2	0.0279	0.0068
27	*Falco sparverius*	Cernícalo americano	2	2	0.0279	0.0068
28	*Geothlypis trichas*	Mascarita común	4	12	0.0483	0.0118
29	*Glaucidium brasilianum*	Tecolote bajeño	2	2	0.0279	0.0068
30	*Hirundo rustica*	Golondrina tijereta	17	272	0.1400	0.0342
31	*Hylocichla mustelina*	Zorzal Moteado	5	20	0.0574	0.0140
32	*Icteria virens*	Chipe Grande	5	20	0.0574	0.0140
33	*Icterus cucullatus*	Calandria Dorso Negro Menor	6	30	0.0660	0.0161
34	*Icterus galbula*	Calandria de Baltimore	6	30	0.0660	0.0161
35	*Icterus gularis*	Calandria Dorso Negro Mayor	9	72	0.0893	0.0218
36	*Jacana spinosa*	Jacana norteña	2	2	0.0279	0.0068
37	*Megaceryle torquata*	Martín pescador de collar	3	6	0.0385	0.0094

No.	Nombre Científico	Nombre Común	No. de Ind.	ni*(ni-1)	Índice de Shannon H'	Índice de Pielou J'
38	*Megarynchus pitangua*	Luis pico grueso	4	12	0.0483	0.0118
39	*Melanerpes aurifrons*	Carpintero cheje	6	30	0.0660	0.0161
40	*Melospiza lincolnii*	Gorrión de Lincoln	14	182	0.1225	0.0299
41	*Momotus lessonii*	Momoto Corona Negra	3	6	0.0385	0.0094
42	*Myiozetetes similis*	Luisito Común	15	210	0.1285	0.0314
43	*Nannopterum brasilianum*	Cormorán Neotropical	3	6	0.0385	0.0094
44	*Ortalis vetula*	Chachalaca Oriental	5	20	0.0574	0.0140
45	*Passerina cyanea*	Colorín azul	7	42	0.0742	0.0181
46	*Patagioenas cayennensis*	Paloma Colorada	8	56	0.0819	0.0200
47	*Pheucticus ludovicianus*	Picogordo Degollado	5	20	0.0574	0.0140
48	*Pheugopedius maculipectus*	Saltapared Moteado	5	20	0.0574	0.0140
49	*Piaya cayana*	Cuclillo Canelo Común	3	6	0.0385	0.0094
50	*Piranga ludoviciana*	Piranga capucha roja	3	6	0.0385	0.0094
51	*Piranga rubra*	Piranga roja	5	20	0.0574	0.0140
52	*Pitangus sulphuratus*	Luis Bienteveo	9	72	0.0893	0.0218
53	*Pyrocephalus rubinus*	Papamoscas cardenalito	3	6	0.0385	0.0094
54	*Quiscalus mexicanus*	Zanate mayor	20	380	0.1561	0.0381
55	*Rupornis magnirostris*	Aguililla caminera	3	6	0.0385	0.0094
56	*Setophaga aestiva*	Chipe Amarillo Norteño	6	30	0.0660	0.0161
57	*Setophaga coronata*	Chipe rabadilla amarilla	2	2	0.0279	0.0068
58	*Setophaga dominica*	Chipe garganta amarilla	6	30	0.0660	0.0161
59	*Setophaga fusca*	Chipe garganta naranja	4	12	0.0483	0.0118
60	*Sphyrapicus varius*	Carpintero Moteado	2	2	0.0279	0.0068
61	*Spinus psaltria*	Jilguerito Dominico	2	2	0.0279	0.0068
62	*Sporophila morelleti*	Semillero de collar	6	30	0.0660	0.0161
63	*Stelgidopteryx serripennis*	Golondrina Alas Aserradas	6	30	0.0660	0.0161
64	*Streptopelia decaocto*	Paloma de Collar Turca	6	30	0.0660	0.0161
65	*Thraupis episcopus*	Tangara azulgrís	3	6	0.0385	0.0094
66	*Tityra semifasciata*	Titira Puerquito	3	6	0.0385	0.0094
67	*Turdus grayi*	Mirlo Café	5	20	0.0574	0.0140
68	*Tyrannus melancholicus*	Tirano Pirirí	7	42	0.0742	0.0181
69	*Zenaida asiatica*	Paloma Alas Blancas	8	56	0.0819	0.0200
Total			**376**	**2570**	**4.0501**	**0.9884**
Simpson				**0.9818**	**H' MAX**	**4.2341**
Simpson MAX				**0.9855**		

El valor máximo del índice de Simpson que se puede obtener de las 29 especies del grupo de aves es de 0.9855, asimismo la abundancia registrada en este grupo da como resultado del índice de Simpson un valor de 0.9818 que representa una **Diversidad Muy Alta.**

El valor máximo que se puede obtener del índice de Shannon es de 4.2341, con la abundancia registrada en el grupo de aves se obtiene un valor de 4.0501 que indica una **Diversidad Alta**.

El índice de similitud de Pielou, indica una distribución homogénea con una equitatividad cercana al 98%.



3.2.7. Conclusión de resultados de Biodiversidad de Fauna Silvestre.

De los resultados obtenidos de indicadores ecológicos, a continuación, se hace una comparación de estos para determinar el grado de riqueza que tiene el Área del Proyecto (AP), el Área de Influencia (AI) y la Región Ecológica (RE), por grupo faunístico.

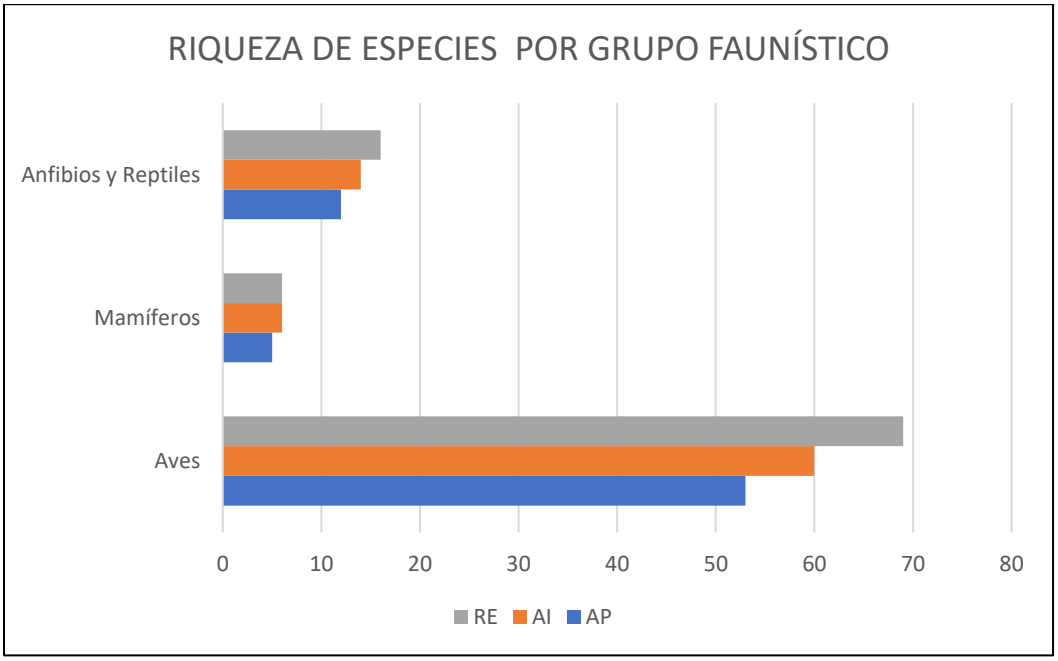


Imagen 14 Comparación de Riqueza de especies de fauna silvestre en el AP, AI y RE.

Como resultado de los muestreos de fauna silvestre, la mayor riqueza faunística se observó la Región Ecológica con dominancia del grupo de aves, en tanto que el AP registro la menor riqueza.

Basado en los resultados de riqueza de especies, de manera general se puede establecer que es ligeramente mayor la riqueza faunística tanto en el área de Influencia como en la Región Ecológica, probablemente por tratarse de un área más amplia que pudiera tener influencia de diferentes condiciones y/o tipos de hábitat.

Para tener una idea más clara sobre biodiversidad del componente de fauna silvestre en la zona del proyecto, se compararon los indicadores ecológicos de las 3 áreas muestreadas: Área del Predio (AP), Área de Influencia (AI) y la Región. Ver Tabla siguiente.

Tabla 72 Comparación de índices de diversidad para los diferentes hábitats.

Componente	Nombre de Índice	Parámetro	Valor del índice			
			AP	AI	RE	Análisis

Fauna	Margalef	Riqueza específica	11.80	13.40	14.61	Biodiversidad alta en los 3 hábitats, la menor riqueza en AP y la mayor en RE.
	Simpson	Dominancia	0.9817	0.9848	0.9860	Dominancia muy baja en los 3 hábitats, alta diversidad y equilibrio sin especies dominantes u oportunistas.
	Shannon	Diversidad y equidad	4.0486	4.1955	4.3165	Alta diversidad en los 3 hábitats, siendo RE el núcleo más diverso y de mayor complejidad.
	Pielou J'	Equitatividad y uniformidad	0.9534	0.9553	0.9571	Los 3 hábitats muestran una distribución sumamente homogénea, cercana al 95%.

El análisis de los índices ecológicos de fauna silvestre sustentado metodológicamente en un diseño espacial de 6 sitios de muestreo independientes para cada escala territorial, demuestra que el Área del Proyecto (AP) alberga una comunidad biótica con alta riqueza y equitatividad y baja dominancia taxonómica. Esta estructura comunitaria está integrada de forma armónica a la dinámica del Área de Influencia (AI) y de la Región Ecológica (RE), las cuales muestran valores superiores de madurez y diversidad sistémica.

Dado que los hábitats periféricos (AI y RE) mantienen condiciones de estabilidad óptimas y una distribución homogénea de organismos, el ecosistema regional posee la resiliencia ecológica necesaria para absorber las perturbaciones temporales derivadas del proyecto. Por lo tanto, se concluye la viabilidad ambiental del proyecto en materia de fauna, condicionado a la ejecución de las medidas de mitigación y ahuyentamiento programadas.

De todos los individuos registrados tanto en la AP, AI y RE en la NOM-059-SEMARNAT-2010, figuran 11 bajo las categorías de Protección especial (Pr), En Peligro de Extinción (P) y Amenazada (A), y de estas, 8 tuvieron presencia en AP. Ver Tabla siguiente.

Tabla 73 Especies de fauna silvestre listadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010

Grupo Faunístico	Nombre Científico	Nombre Común	Categoría NOM-059	AP	AI	RE
Anfibios y reptiles	*Boa imperator*	Mazacuata	A	X	X	X
	Bolitoglossa mexicana	Salamandra lengua de hongo mexicana	Pr			X
	Crocodylus moreletii	Cocodrilo de pantano	Pr		X	X
	Ctenosaura similis	Iguana negra de cola espinosa	A	X	X	X
	Iguana iguana	Iguana verde	Pr	X	X	X
	Kinosternon leucostomum	Tortuga pecho quebrado labios blancos	Pr	X	X	X
	Smilisca baudinii	Rana arborícola mexicana	Pr	X	X	X
	Staurotypus triporcatus	Guao tres lomos	A	X	X	X
Aves	*Amazona albifrons*	Loro frente blanca	Pr	X	X	X
	Falco peregrinus	Halcón Peregrino	Pr		X	X
Mamíferos	*Alouatta palliata*	Saraguato de manto	P	X	X	X

Dado que la fauna es dinámica y no es exclusiva de ciertas áreas o lugares, todas las especies registradas pueden estar presentes en el área de influencia y en el sistema ambiental, por lo que se deben de considerar en las medidas a proponer para su cuidado y protección durante procesos constructivos o desarrollo de proyectos. A continuación, se sugieren algunas medidas a tomar en cuenta:

- Realizar campañas de ruido para el ahuyentamiento de la fauna con el objetivo de alejarla de los frentes de trabajo y evitar sea impactada. Esta actividad se realizará de manera previa al inicio de las actividades de desmonte y despalme durante la etapa de preparación del sitio del proyecto.
- Se ejecutará el Programa de Rescate y Reubicación de Flora y Fauna Silvestre, para reducir el impacto a ocasionar por el desarrollo del proyecto a la diversidad y abundancia de fauna silvestre.
- Durante la ejecución de la etapa de construcción, las actividades se realizarán de manera gradual para permitir el escape de la fauna.
- Durante la etapa de construcción, las especies de lento desplazamiento se rescatarán a través de técnicas adecuadas a cada grupo faunístico; para prevenir accidentes, se realizará el manejo y control adecuado durante el proceso de reubicación de fauna a los sitios de liberación, donde no sean molestados y/o afectados por el personal operativo y operación de maquinaria pesada y vehículos de carga.
- Los individuos rescatados se reubicarán a la brevedad posible para evitar estrés, deshidratación y mortandad, conforme al Programa de Rescate y Reubicación de Fauna Silvestre.
- Para el traslado de reptiles y manejo de ejemplares se usará el equipo y protección necesario que garantice evitar accidentes.
- Se realizará un taller o plática de educación ambiental dirigido al personal operativo e involucrado con el desarrollo de la obra para recibir capacitación y poder atender eventos de encuentro con fauna silvestre y evitar daños o mortandad de los ejemplares.
- El personal operativo recibirá capacitación sobre el manejo de fauna silvestre que pudiera representar un riesgo para la salud, estableciendo las medidas a seguir para cualquier emergencia.

Se permitirá la manipulación de la fauna sólo en casos indispensables para la seguridad de los mismos trabajadores.

- Se contará con un responsable técnicamente capacitado en temas ambientales durante la etapa de construcción, a fin de garantizar de que se puedan implementar las medidas de mitigación propuestas para el componente fauna.
- Se colocarán letreros alusivos a la prohibición de la caza, captura y comercialización de fauna, así como señalizaciones que indiquen los límites de velocidad vehicular para evitar atropellar a la fauna, permitir su escape y reducir riesgos.
- Durante la etapa de construcción, se vigilará de manera periódica (cada semana), que los contenedores para residuos sólidos cuenten con tapa para evitar la proliferación de fauna nociva.
- Se llevará un registro en bitácora de las actividades, acciones y medidas implementadas para llevar el manejo, control y reportes de fauna silvestre. Se tomará evidencia fotográfica, documentación o registro para el reporte de actividades y cumplimiento de ejecución de las diferentes medidas de mitigación propuestas.

MANIFESTACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL MODALIDAD REGIONAL PARA EL: "PROYECTO INTEGRAL VILLAHERMOSA 2030, PUENTE CARRIZAL"

CAPITULO IV

IDENTIFICACIÓN, DESCRIPCIÓN Y EVALUACIÓN DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES Y MEDIDAS DE PREVENCIÓN, MITIGACIÓN, COMPENSACIÓN Y RESTAURACIÓN

Autorizó	Responsable de la información	Elaboró

ÍNDICE

CAPÍTULO IV. IDENTIFICACIÓN, DESCRIPCIÓN Y EVALUACIÓN DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES Y MEDIDAS DE PREVENCIÓN, MITIGACIÓN, COMPENSACIÓN Y RESTAURACIÓN 5

IV.1 Introducción, objetivos y alcance de la evaluación 5

IV.1.1 Introducción 5

IV.1.2 Objetivos 6

IV.1.3 Alcance del proyecto y de la evaluación 6

IV.2 Metodología de identificación, caracterización y evaluación 7

IV.2.1 Secuencia de análisis 8

IV.2.2 Fuentes y criterios de interpretación 9

IV.2.3 Actividades y componentes ambientales 10

IV.2.4 Criterios de caracterización 11

IV.3 Impactos y presiones existentes en la región ecológica 12

IV.4 Identificación y descripción de impactos por etapa 13

IV.4.1 I01 Vegetación y hábitat 13

IV.4.2 I02 Fauna 14

IV.4.3 I03 Suelo y márgenes 15

IV.4.4 I04 Calidad del agua 17

IV.4.5 I05 Funcionamiento hidráulico 18

IV.4.6 I06 Aire 19

IV.4.7 I07 Ruido y vibraciones 19

IV.4.8 I08 Suelo y agua 20

IV.4.9 I09 Población y servicios 21

IV.4.10 I10 Paisaje 22

IV.4.11 I11 Agua y fauna 23

IV.4.12 I12 Movilidad 24

IV.4.13 I13 Suelo y cobertura 25

IV.5 Valoración y jerarquización de los impactos 25
IV.6 Impactos significativos, acumulativos, sinérgicos y residuales 27
IV.6.1 Efectos combinados 27
IV.6.2 Recuperación y límites de las medidas 28
IV.7 Delimitación y justificación del área de influencia 28
IV.8 Medidas de prevención, mitigación, compensación y restauración 29
P1 Delimitación y protección de áreas 30
P2 Protección de flora y fauna 30
P3 Control de materiales y respuesta a derrames 31
P4 Protección del paso del agua en el río 31
M1 Control de erosión y arrastre de tierra 31
M2 Control del polvo 31
M3 Control del ruido y conservación de accesos seguros 32
M4 Manejo de residuos 32
M5 Mantenimiento del drenaje y control de iluminación 32
C1 Compensación de pérdida de vegetación y hábitat 32
R1 Recuperación de áreas de ocupación temporal 33
IV.8.1 Compensación y restauración 33
IV.8.2 Sitios candidatos para compensación y recuperación ambiental 34
IV.9 Programas de manejo y vigilancia ambiental 35
IV.9.1 Organización y responsabilidades 35
IV.9.2 Cumplimiento y eficacia 36
IV.9.3 Respuesta ante desviaciones 37
IV.10 Presupuesto y calendario de implementación 38
IV.11 Pronósticos ambientales y alternativas de manejo 39
IV.11.1 Alternativas de manejo constructivo 40
IV.12 Conclusiones 40
IV.13 Fuentes documentales y correspondencia con el formato CAP IV 44



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Secuencia de identificación y evaluación de impactos 9
Figura 2 Ejemplo de interacción entre vegetación, suelo, lluvia y agua. 27
Figura 3 Secuencia de verificación y respuesta ambiental. 37

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Unidades y etapas de análisis. 7
Tabla 2 Procedimiento y productos de la evaluación. 9
Tabla 3 Actividades por etapa. 10
Tabla 4 Componentes o indicadores de cambio. 10
Tabla 5 Criterios de interpretación cualitativa. 11
Tabla 6 Presiones preexistentes y relación con el proyecto. 12
Tabla 7 Prioridades de manejo y funcionamiento. 26
Tabla 8 Efectos acumulativos, sinergéticos y residuales. 28
Tabla 9 Criterios de interpretación del área de influencia. 29
Tabla 10 Relación entre medidas e impactos 30
Tabla 11 Referencias espaciales para compensación y recuperación ambiental. 34
Tabla 12 Programas de manejo y seguimiento. 36
Tabla 13 Cálculo y lectura de indicadores 36
Tabla 14 Referencias económicas 38
Tabla 15 Calendario de aplicación. 39
Tabla 16 Comparación de escenarios. 39
Tabla 17 Criterios de selección de manejo. 40
Tabla 18 Relación de anexos y secciones del capítulo. 44



CAPÍTULO IV. IDENTIFICACIÓN, DESCRIPCIÓN Y EVALUACIÓN DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES Y MEDIDAS DE PREVENCIÓN, MITIGACIÓN, COMPENSACIÓN Y RESTAURACIÓN

IV.1 Introducción, objetivos y alcance de la evaluación

IV.1.1 Introducción

El presente capítulo identifica, describe y evalúa los cambios ambientales asociados con la preparación del sitio, la construcción, la operación y el mantenimiento del Puente Carrizal, componente del Proyecto Integral Villahermosa 2030. También comprende el retiro de instalaciones provisionales y la recuperación de las superficies ocupadas temporalmente. El análisis relaciona estas actividades con el suelo, el río y sus márgenes, la vegetación, la fauna, la calidad del aire, el ambiente sonoro, el paisaje y la población. Para cada impacto se explica cómo puede producirse, cuáles son los componentes afectados y qué medidas permiten prevenirlo, reducirlo o atender sus consecuencias.

La evaluación reconoce que el entorno contiene asentamientos humanos e infraestructura vial, junto con elementos que conservan funciones ambientales. La condición urbana no disminuye la importancia del paso del agua, la estabilidad de las márgenes, la cobertura vegetal o los refugios utilizados por la fauna. Por ello, se examinan tanto la ocupación física de las superficies como los cambios que las actividades del proyecto pueden generar en estos procesos. Asimismo, se distinguen las presiones existentes de los efectos atribuibles al puente, para evitar que las alteraciones previas se contabilicen como consecuencias de la obra.

La identificación y evaluación se desarrollan mediante una metodología cualitativa que vincula las actividades del proyecto con los componentes ambientales y explica las relaciones entre sus causas y efectos. La caracterización considera la naturaleza del cambio, su alcance espacial, duración, posibilidad de recuperación y relación directa o indirecta con las actividades, de igual manera, examina los efectos acumulativos, derivados de presiones que actúan sobre un mismo componente; los sinérgicos, producidos por la interacción entre distintas alteraciones; y los residuales, que pueden permanecer después de aplicar las medidas correspondientes.

El análisis distingue las afectaciones temporales de aquellas relacionadas con la permanencia de la infraestructura; durante la construcción destacan la intervención del suelo y la vegetación, la perturbación de fauna, la generación de polvo y ruido, el manejo de materiales y las posibles restricciones de acceso y durante la operación se consideran el tránsito, la iluminación, los escurrimientos del pavimento y la conservación de las obras. Esta distinción permite establecer acciones acordes con el momento, la fuente y el componente ambiental involucrado.

Las medidas se organizan en prevención, mitigación, compensación y restauración, según su función frente a cada impacto, cabe señalar que su seguimiento incorpora indicadores de cumplimiento, que permiten comprobar la ejecución de las acciones, e indicadores de eficacia para valorar sus resultados ambientales.

De esta manera, el capítulo establece una relación clara entre las actividades, los impactos, las medidas y su verificación, y proporciona el fundamento para el manejo ambiental del Puente Carrizal.

IV.1.2 Objetivos

El objetivo general es establecer una relación clara y verificable entre las actividades del proyecto, los cambios que pueden provocar y las acciones para evitarlos, reducirlos o atender sus consecuencias.

Los objetivos específicos son:

- Distinguir los efectos ambientales atribuibles al proyecto de las presiones existentes en el entorno, mediante la relación entre las actividades de obra y operación y los cambios que pueden generar en los componentes ambientales.
- Caracterizar y evaluar los impactos ambientales del proyecto, considerando su naturaleza, magnitud, extensión, duración y posibilidad de recuperación, así como los efectos que se acumulan o interactúan con otras actividades y aquellos que permanecen después de aplicar las medidas de mitigación ambiental.
- Organizar el seguimiento ambiental por actividad, sitio y componente afectado, mediante indicadores y criterios de verificación que permitan comprobar la ejecución de las medidas y evaluar sus resultados.

IV.1.3 Alcance del proyecto y de la evaluación

El componente comprende el cruce sobre el río Carrizal, sus cimentaciones, apoyos, estribos, superestructura, accesos y obras complementarias de integración vial. La superficie de construcción de referencia es 26,044.0324 m², equivalente a 2.6044 ha.

La preparación y construcción se consideran en un periodo de 16 meses: la operación incorpora la permanencia de la estructura, el tránsito, la iluminación y el drenaje, el mantenimiento incluye conservación, limpieza y manejo de materiales y el retiro de instalaciones temporales y la recuperación de esas superficies se distinguen del desmantelamiento del puente.

Tabla 1 Unidades y etapas de análisis.

Unidad o etapa	Función en la evaluación
Área del proyecto	Superficies ocupadas o intervenidas por las actividades del puente.
Área de influencia	Sitios donde pueden manifestarse efectos por agua, ruido, polvo, fauna o accesibilidad.
Región ecológica	Contexto para examinar procesos y presiones que actúan sobre componentes compartidos.
Preparación y construcción	Intervenciones de vegetación y suelo, trabajos estructurales, equipo y materiales.
Operación y mantenimiento	Tránsito, luz, escurrimientos y conservación de la infraestructura.
Retiro y restauración	Recuperación de superficies utilizadas temporalmente.

La Exención Paseo Tabasco se reconoce como antecedente y conexión funcional por lo que su superficie no se suma automáticamente a la huella del puente. Las interacciones se analizan cuando ambas actividades actúan sobre un mismo componente o modifican la circulación, el drenaje o la continuidad de la vegetación.

IV.2 Metodología de identificación, caracterización y evaluación

Se aplicó una evaluación cualitativa mediante una lista de actividades, una matriz de relaciones entre actividades y componentes ambientales, y trece fichas de impacto (I01–I13). Cada ficha explica qué cambio puede producirse, dónde ocurre, cuánto puede durar, cómo afecta al ambiente y qué medidas lo atienden. También se examina la recuperación del componente, la combinación con otras presiones y los efectos que pueden permanecer después de aplicar las medidas. Este método permite explicar los mecanismos de afectación sin convertir descripciones cualitativas en valores numéricos. La evaluación utiliza la descripción del proyecto, el diagnóstico ambiental, los planos, la cartografía y los registros de flora y fauna.

La metodología se desarrolla en el Anexo 4.1 Metodología de Evaluación. El Anexo 4.2 Matriz de Interacción organiza los cruces entre actividades y componentes; el Anexo 4.3 Matriz de Caracterización explica el comportamiento de cada impacto; y el Anexo 4.6 Fichas de Impactos reúne su descripción, manejo y verificación. Estos instrumentos utilizan las mismas claves para conservar la relación entre el origen del cambio, sus consecuencias y las acciones ambientales.

El análisis parte de la condición del sitio y de las actividades que introducen una modificación. Para reconocer una afectación se explica la secuencia entre la fuente, la forma de propagación y el

componente expuesto. El movimiento de tierra, por ejemplo, produce material suelto; la lluvia puede transportarlo por escurrimiento; y el río o un drenaje reciben ese aporte cuando existe conexión entre ambos sitios.

La caracterización diferencia la duración de los trabajos de la duración del efecto. Una emisión de polvo puede cesar al detener una actividad, mientras que la sustitución de vegetación por una estructura mantiene un cambio durante la vida útil de la infraestructura. Esta distinción permite relacionar las medidas con el momento en que se genera la afectación y con la condición que permanece.

IV.2.1 Secuencia de análisis

La identificación inicia con las actividades y los componentes que pueden recibir sus efectos. Después se explica el mecanismo de cambio, se caracteriza su duración y alcance, y se vincula con medidas concretas. La comparación entre el efecto inicial y el que puede permanecer con medidas considera el resultado ambiental de la acción, no únicamente su inclusión en un programa.

La matriz de interacción se consulta por fila y columna. Cada fila identifica una actividad y cada columna un componente ambiental. Una clave en el cruce señala una relación examinada mediante el impacto correspondiente. Las relaciones incluyen el componente principal y aquellos vinculados mediante un efecto secundario, como el arrastre de suelo hacia el agua. El símbolo de ausencia de interacción expresa que ese cruce no está identificado en la matriz, sin representar una medición de ausencia de efectos (Anexo 4.2).

La unidad de seguimiento es el frente o sitio donde ocurre la actividad. Las condiciones de lluvia, el momento del trabajo y las características del componente explican diferencias entre sitios. Por ello, los registros ambientales se vinculan a una ubicación y a una clave de impacto o medida, evitando interpretar un resultado aislado como condición de todo el proyecto.

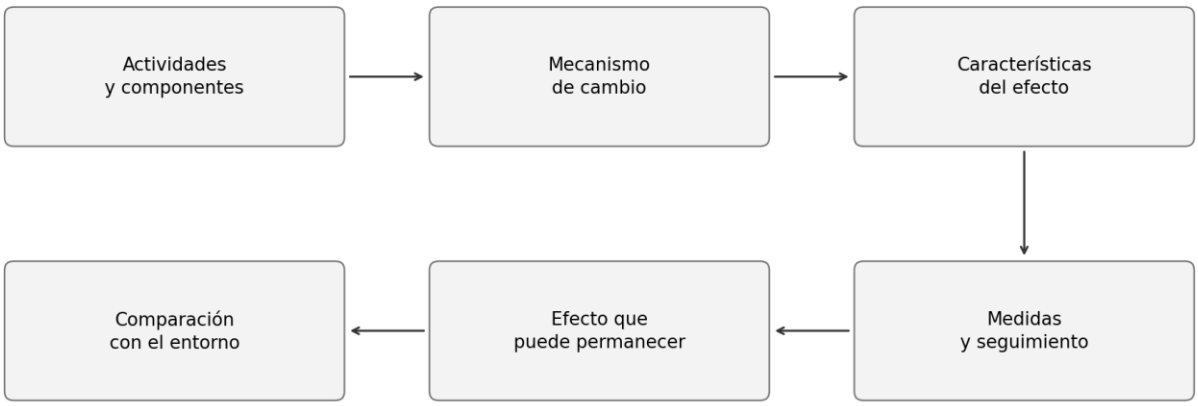


Figura 1 Secuencia de identificación y evaluación de impactos

Esquema metodológico. Las flechas representan el orden del análisis; no expresan valores de importancia ni mediciones del proyecto.

Tabla 2 Procedimiento y productos de la evaluación.

Paso	Procedimiento	Producto
1	Reconocer actividades por etapa y componentes ambientales.	Lista de actividades y componentes.
2	Explicar cómo una actividad produce un cambio.	Relación causa y efecto.
3	Caracterizar naturaleza, duración, alcance y recuperación.	Fichas I01–I13.
4	Examinar concurrencia, repetición y persistencia.	Análisis de efectos combinados y residuales.
5	Relacionar controles con el mecanismo de afectación.	Medidas P1–P4, M1–M5, C1 y R1.
6	Verificar ejecución y respuesta ambiental.	Indicadores de cumplimiento y eficacia.

IV.2.2 Fuentes y criterios de interpretación

La evaluación utiliza la descripción del proyecto, el diagnóstico de flora y fauna, los planos, los archivos geográficos, el censo de arbolado y la documentación fotográfica. La descripción técnica define qué actividades se realizan; los registros biológicos describen especies y abundancias en sus respectivos ámbitos; la cartografía permite reconocer relaciones espaciales. Estas fuentes se interpretan según su escala, fecha, método y unidad de registro.

El documento de flora contiene una superficie de 26,044.0324 m² del Capítulo I y el cuadro arbóreo del área del proyecto reporta 27 especies y 265 individuos; en el caso de la fauna se distingue observación directa y presencia reportada mediante entrevistas (un registro de entrevista no equivale a un individuo observado durante el recorrido).

Los índices de diversidad permiten conocer cómo se distribuyen los individuos entre las especies registradas en una muestra. Para interpretarlos, se consideran el número de especies, la cantidad de individuos de cada especie y la forma en que se realizó el muestreo, incluyendo la superficie estudiada y el esfuerzo de observación. Estos índices ayudan a describir la vegetación del sitio, pero por sí solos no indican la intensidad de un impacto ambiental. Para valorar la afectación del proyecto, también es necesario relacionar la vegetación registrada con las áreas que ocupará la obra y con las actividades que pueden modificarla.

El censo y los muestreos de vegetación aportan información distinta. El censo registra los individuos presentes dentro del área delimitada para ese levantamiento, mientras que los muestreos describen la vegetación en sitios seleccionados. Por ello, sus resultados se interpretan según la superficie y el método utilizados en cada caso. La información de una muestra no se aplica automáticamente a toda el área del proyecto ni se compara directamente con el censo sin considerar estas diferencias.

IV.2.3 Actividades y componentes ambientales

Tabla 3 Actividades por etapa.

Etapa	Actividades con potencial de interacción
Preparación	Delimitación, manejo de vegetación, liberación de frentes y habilitación de superficies auxiliares.
Construcción	Excavaciones, rellenos, perforación, concreto, apoyos y superestructura; transporte, almacenamiento y manejo de escurrimientos.
Operación	Uso de la conexión vial, iluminación y conducción del agua desde pavimentos.
Mantenimiento	Limpieza, conservación, manejo de sustancias y retiro de residuos.
Retiro y restauración	Desmontaje de instalaciones temporales, limpieza, recuperación del suelo y establecimiento vegetal.

Tabla 4 Componentes o indicadores de cambio.

Componente	Aspectos que se examinan
Agua y funcionamiento del río	Nivel, velocidad, paso del agua, erosión, turbidez y sólidos suspendidos.

Componente	Aspectos que se examinan
Suelo y márgenes	Superficie intervenida, compactación, estabilidad y arrastre de tierra.
Vegetación y hábitat	Cobertura, ejemplares, refugios, continuidad y recuperación vegetal.
Fauna	Perturbación, desplazamiento, incidentes y uso del hábitat.
Aire y ambiente sonoro	Polvo, gases de combustión, ruido y vibraciones.
Población, paisaje y movilidad	Accesos, restricciones, exposición a riesgos, cambio visual y conexión vial.

IV.2.4 Criterios de caracterización

Tabla 5 Criterios de interpretación cualitativa.

Criterio	Interpretación
Naturaleza	Efecto negativo, positivo o cambio cuya valoración depende del componente.
Duración	Tiempo que permanece la alteración, distinto del tiempo de ejecución de la actividad.
Alcance	Sitio de trabajo, entorno próximo o sectores conectados por agua, aire o uso del hábitat.
Intensidad	Grado de cambio relacionado con cantidad, superficie, sustancia, actividad y sensibilidad.
Efecto directo	Cambio producido sobre el componente por la actividad o por el material que recibe.
Efecto indirecto	Consecuencia que llega a otro componente mediante transporte o modificación de condiciones.
Recuperación	Restablecimiento natural o por manejo; distinguir recuperación parcial y pérdida permanente.
Acumulación y sinergia	Repetición sobre un componente e interacción entre mecanismos de cambio.
Residuo	Efecto que puede permanecer después de ejecutar las medidas.

La valoración es cualitativa. Las descripciones explican mecanismos y condiciones de manifestación; no constituyen una escala numérica de importancia, la prioridad de manejo se fundamenta en el componente expuesto, la persistencia del cambio y la capacidad de recuperación.

La intensidad se interpreta como el grado de modificación de las condiciones o funciones ambientales. La extensión identifica los lugares donde puede manifestarse el cambio y la frecuencia distingue efectos continuos, repetidos o asociados a eventos. Su lectura conjunta considera la sensibilidad del

componente y la recuperación posible. Los criterios se describen en el Anexo 4.1 y se aplican mediante explicaciones por impacto en el Anexo 4.3.

La recuperación comprende la disminución del efecto al cesar la fuente y la restitución progresiva de condiciones mediante manejo. Para la fauna se distingue la perturbación de la pérdida de refugios o individuos. Para el suelo se diferencia la recuperación de áreas temporales de la ocupación permanente. Para la vegetación se examinan cobertura, supervivencia y funciones del sitio, además del establecimiento de plantas.

IV.3 Impactos y presiones existentes en la región ecológica

Las presiones existentes constituyen la condición con la que se comparan los cambios asociados al puente; la ocupación urbana, la circulación vehicular y el drenaje ya forman parte del entorno. Se distingue su presencia de la contribución de la obra, evitando atribuir al proyecto alteraciones anteriores o asignar una descarga contaminante a un sitio sin evidencia específica.

Tabla 6 Presiones preexistentes y relación con el proyecto.

Actividad existente	Componentes	Presión y relación
Asentamientos humanos y vialidades existentes en el entorno del proyecto.	Suelo, vegetación y paisaje.	Ocupación del suelo, modificación del paisaje y separación de las áreas con vegetación. Efectos directos y persistentes en las superficies ocupadas. Forman parte de la condición actual del entorno y se distinguen de los cambios que produce el puente.
Circulación vehicular y drenaje urbano existentes.	Calidad del aire, ambiente sonoro y agua.	Emisión de gases y ruido por el tránsito, y conducción del agua de lluvia a través del drenaje. Los gases y el ruido se generan de manera repetida cerca de las vialidades. El drenaje conduce los escurrimientos hacia otros sitios. Estas presiones se consideran como parte del entorno existente, sin atribuir una descarga contaminante a un punto específico.

La contribución del proyecto puede presentarse como ocupación adicional, perturbación temporal o redistribución de presiones de tránsito. La concurrencia se examina sobre el mismo componente y con coincidencia de tiempo o espacio. La proximidad de otras actividades no demuestra por sí sola un efecto acumulativo.

La relación con otras presiones se examina sobre el componente que recibe el cambio. La coincidencia entre tránsito existente y equipos de obra puede aumentar la exposición a ruido en un mismo sitio; la reducción de cobertura urbana y la remoción del proyecto pueden actuar sobre una misma función de

hábitat. Estas relaciones se explican por impacto en el Anexo 4.3, conservando diferenciadas las condiciones preexistentes y la contribución del puente.

IV.4 Identificación y descripción de impactos por etapa

Las trece fichas siguientes relacionan actividad, componente, mecanismo, caracterización y medidas. Las referencias a efectos potenciales describen lo que puede ocurrir bajo las condiciones señaladas y no afirman que todos los efectos ya se hayan presentado.

La identificación espacial de interacciones se presenta en el Anexo 4.2. La descripción individual y los criterios de recuperación, efectos combinados y persistencia se consultan en los Anexos 4.3 y 4.6. Las medidas y sus indicadores conservan la correspondencia con el Anexo 4.4 Programa de Manejo y Vigilancia.

IV.4.1 I01 Vegetación y hábitat

Etapa: Preparación del sitio. Actividad: Delimitación y manejo de vegetación.

I01 — La remoción de vegetación reduce la cobertura, la sombra y los refugios disponibles para la fauna en las superficies intervenidas.

Caracterización. Efecto negativo y directo en el área intervenida. La pérdida persiste donde la vegetación se sustituye por infraestructura. Su magnitud depende de los ejemplares, la superficie y las funciones ambientales afectadas.

Efectos. Directos: pérdida de vegetación y refugios en el sitio intervenido. Indirectos: cambios en los lugares que la fauna utiliza para alimentarse, descansar o desplazarse.

Medidas asociadas: Prevención P1; Prevención P2; Compensación C1.

P1 — Evitar trabajos fuera de las superficies de intervención y proteger la vegetación que se conserva. Señalar los límites y las áreas excluidas antes de iniciar cada frente. Revisar diariamente la delimitación durante los 16 meses de preparación y construcción.

P2 — Reducir el riesgo de daño a plantas y animales. Inspeccionar cada frente antes de iniciar el retiro de vegetación o la entrada de maquinaria; proteger los refugios identificados y realizar el manejo biológico con personal competente. Registrar cada intervención.

C1 — Medida general propuesta para atender la pérdida de funciones ambientales que permanezca después de la prevención y mitigación. Comprende establecimiento y conservación de vegetación

compatible con las condiciones del sitio. La plantación no se considera equivalente, por sí sola, a la recuperación de un hábitat maduro.

Verificación. P1 — Cumplimiento: (frentes delimitados / frentes activos) × 100; meta: 100 %. Eficacia: superficie intervenida fuera de los límites, en m²; objetivo: 0 m². Evidencia: planos, coordenadas y fotografías.

P2 — Cumplimiento: (frentes inspeccionados / frentes iniciados) × 100; meta: 100 %. Eficacia: número de incidentes con flora y fauna, destino de los individuos manejados y supervivencia registrada. Evidencia: bitácoras por sitio e individuo.

C1 — Cumplimiento: superficie establecida y conservada en m² e individuos plantados, por especie y sitio. Eficacia: (individuos vivos / individuos establecidos) × 100, cobertura vegetal y funciones recuperadas. Estos registros describen desempeño; no acreditan por sí solos equivalencia con la pérdida de hábitat.

Recuperación. Recuperación parcial y progresiva mediante conservación y establecimiento vegetal. La vegetación nueva requiere tiempo para desarrollar sombra y refugios.

Efectos combinados. La reducción de cobertura puede sumarse a la ocupación urbana existente. El retiro de vegetación y la exposición del suelo favorecen conjuntamente el arrastre de tierra durante lluvias.

Condición posterior al manejo. La pérdida de vegetación permanece en las superficies ocupadas por infraestructura. La plantación favorece la recuperación de cobertura, pero no recupera de inmediato las funciones de un hábitat maduro. Véanse Anexos 4.3 y 4.6, ficha I01.

IV.4.2 I02 Fauna

Etapa: Preparación del sitio y construcción. Actividad: Liberación de frentes y circulación de equipos.

I02 — El retiro de vegetación, el ruido y el movimiento de maquinaria pueden desplazar a la fauna, alterar sus refugios y provocar lesiones o muerte de individuos.

Caracterización. Efecto negativo en el sitio de trabajo y sus alrededores. La perturbación por ruido y maquinaria dura mientras actúan esas fuentes; la pérdida de refugios puede persistir en las superficies ocupadas.

Efectos. Directos: perturbación o daño a los animales presentes en el frente de trabajo. Indirectos: desplazamiento hacia otros sitios por pérdida de refugios o cambios en las condiciones del hábitat.

Medidas asociadas: Prevención P2; Mitigación M3.

P2 — Reducir el riesgo de daño a plantas y animales. Inspeccionar cada frente antes de iniciar el retiro de vegetación o la entrada de maquinaria; proteger los refugios identificados y realizar el manejo biológico con personal competente. Registrar cada intervención.

M3 — Reducir las molestias y los riesgos de obra. Organizar horarios, mantener equipos, señalizar frentes y conservar accesos seguros. Revisar diariamente durante la construcción y en cada intervención de mantenimiento.

Verificación. P2 — Cumplimiento: (frentes inspeccionados / frentes iniciados) × 100; meta: 100 %. Eficacia: número de incidentes con flora y fauna, destino de los individuos manejados y supervivencia registrada. Evidencia: bitácoras por sitio e individuo.

M3 — Cumplimiento: (frentes señalizados / frentes activos) × 100; meta: 100 %. Eficacia: niveles de ruido en dB(A), duración de las restricciones de acceso y número de incidentes. Registrar ubicación, horario y condiciones de medición.

Recuperación. La perturbación puede disminuir al cesar las fuentes. La pérdida de refugios depende de la recuperación de la vegetación; la mortalidad no es reversible para el individuo.

Efectos combinados. El retiro de refugios, el ruido y el tránsito de equipos pueden actuar sobre los mismos animales y modificar su uso del sitio.

Condición posterior al manejo. El ruido y la presencia de maquinaria disminuyen al terminar los trabajos. La pérdida de refugios puede permanecer donde se retira vegetación; una lesión o muerte de un individuo no se revierte al concluir la obra. Véanse Anexos 4.3 y 4.6, ficha I02.

IV.4.3 I03 Suelo y márgenes

Etapa: Preparación del sitio y construcción. Actividad: Excavaciones, rellenos y habilitación de plataformas.

I03 — Las excavaciones, los rellenos y el paso de maquinaria modifican el suelo y pueden aumentar la erosión, la compactación o la inestabilidad de las márgenes.

Caracterización. Efecto negativo y directo en los frentes de obra. Puede reducirse en áreas temporales mediante recuperación del suelo; persiste en las superficies ocupadas de forma permanente. Su magnitud depende de la superficie y del tipo de intervención.

Efectos. Directos: modificación y compactación del suelo. Indirectos: arrastre de tierra hacia drenajes o el río cuando la lluvia conecta las superficies expuestas con esos sitios.

Medidas asociadas: Prevención P1; Mitigación M1; Restauración R1.

P1 — Evitar trabajos fuera de las superficies de intervención y proteger la vegetación que se conserva. Señalar los límites y las áreas excluidas antes de iniciar cada frente. Revisar diariamente la delimitación durante los 16 meses de preparación y construcción.

M1 — Reducir la erosión y el transporte de tierra hacia el agua. Instalar barreras y controles de escurrimiento antes de exponer el suelo; estabilizar las superficies y conservar los controles hasta su recuperación. Revisar diariamente y después de lluvias.

R1 — Recuperar las superficies utilizadas temporalmente. Retirar instalaciones, materiales y residuos; descompactar donde proceda y restituir el suelo y la vegetación sin afectar el drenaje. Ejecutar al cierre de cada área e inspeccionar mensualmente el establecimiento vegetal.

Verificación. P1 — Cumplimiento: (frentes delimitados / frentes activos) × 100; meta: 100 %. Eficacia: superficie intervenida fuera de los límites, en m²; objetivo: 0 m². Evidencia: planos, coordenadas y fotografías.

M1 — Cumplimiento: (frentes con suelo expuesto y controles instalados / frentes con suelo expuesto) × 100; meta: 100 %. Eficacia: erosión observada, turbidez en UNT o sólidos suspendidos en mg/L, con registro de sitio, método y condiciones de comparación.

R1 — Cumplimiento: (superficie restituida / superficie temporal susceptible de recuperación) × 100; meta: 100 %, con superficies en m². Eficacia: estabilidad del suelo, cobertura vegetal y supervivencia por sitio. Evidencia: comparación de fotografías y registros antes y después de la intervención.

Recuperación. Recuperación parcial en áreas temporales mediante limpieza, descompactación y restitución de cobertura. La ocupación definitiva permanece.

Efectos combinados. La pérdida de cobertura y el suelo expuesto aumentan la posibilidad de erosión durante lluvias y de transporte de tierra hacia el agua.

Condición posterior al manejo. La ocupación permanente modifica el suelo durante la vida útil del puente. En áreas temporales, la recuperación depende de la estabilidad del terreno, el drenaje y el establecimiento de vegetación. Véanse Anexos 4.3 y 4.6, ficha I03.

IV.4.4 I04 Calidad del agua

Etapa: Construcción. Actividad: Perforación, colocación de concreto y manejo del agua de lluvia en los frentes.

I04 — La tierra arrastrada por la lluvia, las aguas generadas en la obra y las pérdidas de materiales pueden llegar al río o a los drenajes y alterar la calidad del agua.

Caracterización. Efecto negativo que puede presentarse durante la construcción, especialmente en episodios de lluvia o liberación de materiales. Su alcance depende del recorrido del escurrimiento y del material transportado.

Efectos. Directos: alteración del agua cuando recibe materiales de la obra. Indirectos: transporte de tierra desde las excavaciones hasta el río o los drenajes, con posibles efectos sobre los organismos acuáticos.

Medidas asociadas: Prevención P3; Mitigación M1.

P3 — Evitar que combustibles, concreto, sustancias o residuos lleguen al suelo, al río o a los drenajes. Instalar contención desde la habilitación del área, revisar diariamente y atender de inmediato cualquier liberación.

M1 — Reducir la erosión y el transporte de tierra hacia el agua. Instalar barreras y controles de escurrimiento antes de exponer el suelo; estabilizar las superficies y conservar los controles hasta su recuperación. Revisar diariamente y después de lluvias.

Verificación. P3 — Cumplimiento: (áreas de almacenamiento con controles / áreas de almacenamiento en uso) × 100; meta: 100 %. Eficacia: número de derrames, volumen liberado en litros o unidad pertinente, superficie afectada en m^2 y resultado de la limpieza.

M1 — Cumplimiento: (frentes con suelo expuesto y controles instalados / frentes con suelo expuesto) × 100; meta: 100 %. Eficacia: erosión observada, turbidez en UNT o sólidos suspendidos en mg/L, con registro de sitio, método y condiciones de comparación.

Recuperación. La recuperación depende del cese de aportes y de la dinámica del agua. Se comprueba con observaciones y mediciones en condiciones comparables.

Efectos combinados. Los aportes repetidos de materiales pueden actuar sobre el mismo tramo del río. La exposición del suelo y la lluvia favorecen su transporte.

Condición posterior al manejo. Los controles reducen el aporte de tierra y materiales al agua. Pueden presentarse aportes durante lluvias o incidentes; la recuperación depende del cese del aporte y de las condiciones del río. Véanse Anexos 4.3 y 4.6, ficha I04.

IV.4.5 I05 Funcionamiento hidráulico

Etapa: Construcción y operación. Actividad: Construcción de apoyos y uso de instalaciones provisionales en el cauce..

I05 — Los apoyos del puente y las instalaciones provisionales dentro del cauce pueden modificar el espacio disponible para el paso del agua, su velocidad y su nivel.

Caracterización. Efecto potencialmente negativo sobre el flujo del río. Las ocupaciones provisionales actúan mientras permanecen en el cauce; los apoyos definitivos permanecen durante la operación. La magnitud del cambio depende de la geometría de las estructuras y de las condiciones del río.

Efectos. Directos: modificación del paso del agua junto a los elementos que ocupan el cauce. Indirectos: posibles cambios en erosión o depósito de sedimentos en las márgenes y en sectores aguas arriba o aguas abajo.

Medidas asociadas: Prevención P4.

P4 — Controlar las ocupaciones provisionales del cauce y evitar obstrucciones ajenas al diseño de las obras. Inspeccionar diariamente y después de lluvias durante los trabajos en el río; retirar materiales que obstruyan el paso del agua.

Verificación. P4 — Cumplimiento: ubicación y dimensiones de las ocupaciones respecto de los planos de obra. Eficacia: nivel del agua en m, velocidad en m/s, cambios de erosión y profundidad de socavación en m, comparados en puntos y condiciones equivalentes. La inspección visual no acredita por sí sola ausencia de cambios hidráulicos.

Recuperación. El retiro de ocupaciones provisionales libera su sección de paso. Los apoyos permanentes mantienen su presencia en el cauce.

Efectos combinados. Las ocupaciones simultáneas en un mismo tramo del cauce pueden modificar conjuntamente el paso del agua. Su efecto depende de su geometría y coincidencia temporal.

Condición posterior al manejo. El retiro de instalaciones provisionales libera el espacio que ocupaban. Los apoyos definitivos permanecen y su efecto sobre el flujo se interpreta mediante niveles, velocidades y socavación en condiciones comparables. Véanse Anexos 4.3 y 4.6, ficha I05.



IV.4.6 I06 Aire

Etapa: Preparación del sitio y construcción. Actividad: Movimiento de tierras y transporte de materiales.

I06 — El movimiento de tierra y materiales produce polvo; los motores de maquinaria y vehículos emiten gases de combustión.

Caracterización. Efecto negativo, temporal e intermitente durante la preparación y construcción. Se presenta cerca de las fuentes y varía con la actividad, el viento, la humedad y la distancia a viviendas u otros sitios de exposición.

Efectos. Directos: emisión de polvo y gases en los frentes y rutas de transporte. Indirectos: desplazamiento del polvo por el viento hacia viviendas y otras áreas próximas.

Medidas asociadas: Mitigación M2.

M2 — Reducir el polvo mediante humectación de superficies, cobertura de cargas y control de circulación. Aplicar la humectación según las condiciones del frente, sin generar escurrimientos contaminados. Revisar diariamente durante la preparación y construcción.

Verificación. M2 — Cumplimiento: (cargas cubiertas / cargas que requieren cobertura) × 100; meta: 100 %. Eficacia: presencia de polvo en viviendas y otros sitios próximos, número de episodios y resultado de las acciones de control. Evidencia: recorridos y bitácoras.

Recuperación. La emisión de obra disminuye al detener sus fuentes. La dispersión depende del viento y la humedad.

Efectos combinados. El polvo y los gases de obra pueden coincidir con las emisiones del tránsito existente en viviendas y otros sitios próximos.

Condición posterior al manejo. Las emisiones de obra disminuyen al cesar las actividades. Durante los trabajos puede mantenerse exposición a polvo y gases aun con controles, según el viento, la humedad y la operación de equipos. Véanse Anexos 4.3 y 4.6, ficha I06.

IV.4.7 I07 Ruido y vibraciones

Etapa: Construcción. Actividad: Operación de equipos y procedimientos constructivos.

I07 — La maquinaria y los procedimientos constructivos producen ruido y pueden generar vibraciones en el entorno inmediato de los trabajos.



Caracterización. Efecto negativo, temporal e intermitente mientras operan los equipos. La exposición depende del procedimiento utilizado, el horario, las condiciones del terreno y la distancia a personas, edificaciones y fauna.

Efectos. Directos: aumento del ruido y vibración durante los trabajos. Indirectos: molestias a la población y cambios en la actividad de la fauna expuesta.

Medidas asociadas: Mitigación M3.

M3 — Reducir las molestias y los riesgos de obra. Organizar horarios, mantener equipos, señalizar frentes y conservar accesos seguros. Revisar diariamente durante la construcción y en cada intervención de mantenimiento.

Verificación. M3 — Cumplimiento: (frentes señalizados / frentes activos) × 100; meta: 100 %. Eficacia: niveles de ruido en dB(A), duración de las restricciones de acceso y número de incidentes. Registrar ubicación, horario y condiciones de medición.

Recuperación. La perturbación disminuye al detener las fuentes. Su control se verifica durante la actividad en los sitios expuestos.

Efectos combinados. El ruido de equipos puede coincidir con el tránsito existente. La exposición depende de las fuentes que operan al mismo tiempo y del sitio de recepción.

Condición posterior al manejo. El ruido y las vibraciones de construcción cesan al detener las fuentes. Mientras los equipos funcionan, puede persistir exposición en sitios cercanos, por lo que se verifica en los puntos afectados. Véanse Anexos 4.3 y 4.6, ficha I07.

IV.4.8 I08 Suelo y agua

Etapa: Construcción y mantenimiento. Actividad: Almacenamiento, abastecimiento y manejo de residuos.

I08 — Los derrames y el manejo inadecuado de combustibles, sustancias o residuos pueden contaminar el suelo y transportar materiales hacia el agua.

Caracterización. Efecto negativo condicionado a una liberación de materiales. Se inicia en el punto del incidente y puede extenderse con el escurrimiento. Su duración depende de la sustancia, la cantidad liberada y la respuesta de limpieza y recuperación.

Efectos. Directos: contaminación en el sitio del derrame o depósito inadecuado. Indirectos: llegada de sustancias o residuos a drenajes y al río mediante escurrimientos.



Medidas asociadas: Prevención P3; Mitigación M4.

P3 — Evitar que combustibles, concreto, sustancias o residuos lleguen al suelo, al río o a los drenajes. Instalar contención desde la habilitación del área, revisar diariamente y atender de inmediato cualquier liberación.

M4 — Evitar la dispersión de residuos y su contacto con el suelo y el agua. Separar por tipo, almacenar en áreas controladas y documentar su entrega y destino. Registrar cada generación y retiro durante la obra y el mantenimiento.

Verificación. P3 — Cumplimiento: (áreas de almacenamiento con controles / áreas de almacenamiento en uso) × 100; meta: 100 %. Eficacia: número de derrames, volumen liberado en litros o unidad pertinente, superficie afectada en m² y resultado de la limpieza.

M4 — Cumplimiento: (cantidad con destino documentado / cantidad generada registrada) × 100; meta: 100 %, por tipo de residuo y unidad, como kg, t o m³. Eficacia: presencia de residuos fuera del almacenamiento y contaminación asociada a su manejo.

Recuperación. La recuperación depende de la sustancia, cantidad y respuesta de limpieza y control. Se verifica el resultado en el sitio afectado.

Efectos combinados. Las liberaciones repetidas pueden acumular sustancias en el suelo o el agua. El escurrimiento conecta el punto de liberación con otros sitios.

Condición posterior al manejo. La contención reduce el riesgo de derrames. Si ocurre una liberación, la recuperación depende de la sustancia, la cantidad y la respuesta; retirar residuos no demuestra por sí solo la recuperación del suelo o del agua. Véanse Anexos 4.3 y 4.6, ficha I08.

IV.4.9 I09 Población y servicios

Etapa: Construcción. Actividad: Desvíos, cierres y adecuaciones de servicios.

I09 — Los cierres, desvíos y frentes de trabajo pueden dificultar el paso de personas y vehículos, interrumpir temporalmente servicios y aumentar la exposición a riesgos de obra.

Caracterización. Efecto negativo y temporal en el área de trabajo y sus accesos. Su alcance depende de los frentes activos, la duración de las restricciones y las rutas disponibles.

Efectos. Directos: restricciones de paso y cambios en accesos o servicios. Indirectos: desvíos, demoras y cambios en los recorridos habituales de la población.

Medidas asociadas: Mitigación M3.

M3 — Reducir las molestias y los riesgos de obra. Organizar horarios, mantener equipos, señalizar frentes y conservar accesos seguros. Revisar diariamente durante la construcción y en cada intervención de mantenimiento.

Verificación. M3 — Cumplimiento: (frentes señalizados / frentes activos) × 100; meta: 100 %. Eficacia: niveles de ruido en dB(A), duración de las restricciones de acceso y número de incidentes. Registrar ubicación, horario y condiciones de medición.

Recuperación. La accesibilidad se recupera al reabrir las rutas y restablecer los servicios afectados.

Efectos combinados. Los cierres de obra y el tránsito existente pueden aumentar conjuntamente las demoras y dificultades de acceso.

Condición posterior al manejo. Las restricciones de construcción terminan con la reapertura de los accesos. Durante cada frente pueden persistir demoras o desvíos, que se verifican mediante la duración de los cierres y las rutas disponibles. Véanse Anexos 4.3 y 4.6, ficha I09.

IV.4.10 I10 Paisaje

Etapa: Construcción y operación. Actividad: Instalaciones temporales y permanencia del puente.

I10 — El puente y sus accesos cambian la apariencia del cruce del río. Las instalaciones temporales también modifican la vista durante la construcción.

Caracterización. Cambio directo y local del paisaje. El cambio por instalaciones provisionales termina con su retiro; la presencia del puente permanece durante su vida útil. Su valoración depende del punto de observación y de la integración de la estructura con el entorno.

Efectos. Directos: presencia visible del puente y de las instalaciones de obra. El retiro y la recuperación de áreas temporales atienden esa parte del cambio, sin eliminar la presencia de la estructura permanente.

Medidas asociadas: Prevención P1; Restauración R1.

P1 — Evitar trabajos fuera de las superficies de intervención y proteger la vegetación que se conserva. Señalar los límites y las áreas excluidas antes de iniciar cada frente. Revisar diariamente la delimitación durante los 16 meses de preparación y construcción.

R1 — Recuperar las superficies utilizadas temporalmente. Retirar instalaciones, materiales y residuos; descompactar donde proceda y restituir el suelo y la vegetación sin afectar el drenaje. Ejecutar al cierre de cada área e inspeccionar mensualmente el establecimiento vegetal.

Verificación. P1 — Cumplimiento: (frentes delimitados / frentes activos) × 100; meta: 100 %. Eficacia: superficie intervenida fuera de los límites, en m²; objetivo: 0 m². Evidencia: planos, coordenadas y fotografías.

R1 — Cumplimiento: (superficie restituida / superficie temporal susceptible de recuperación) × 100; meta: 100 %, con superficies en m². Eficacia: estabilidad del suelo, cobertura vegetal y supervivencia por sitio. Evidencia: comparación de fotografías y registros antes y después de la intervención.

Recuperación. El cambio temporal disminuye con el retiro de instalaciones. La estructura permanente conserva su presencia visual.

Efectos combinados. El puente se incorpora a un paisaje con infraestructura existente. El cambio se interpreta desde los puntos de observación del cruce.

Condición posterior al manejo. La presencia visual del puente permanece durante su vida útil. La limpieza y recuperación de las áreas temporales atienden el cambio ocasionado por esas instalaciones. Véanse Anexos 4.3 y 4.6, ficha I10.

IV.4.11 I11 Agua y fauna

Etapa: Operación. Actividad: Tránsito, iluminación y drenaje de pavimentos.

I11 — Durante la operación, los escurrimientos del pavimento pueden transportar residuos hacia los drenajes; el tránsito y la iluminación pueden perturbar a la fauna próxima al cruce.

Caracterización. Efectos potencialmente negativos y repetidos durante la operación. Se presentan cerca de la vialidad, las luminarias y las salidas del drenaje, y dependen de su funcionamiento y mantenimiento.

Efectos. Directos: luz, ruido y tránsito en el entorno de la vialidad. Indirectos: transporte de residuos por el agua de lluvia y cambios en los sitios o horarios utilizados por la fauna.

Medidas asociadas: Mitigación M5.

M5 — Reducir obstrucciones, transporte de residuos y luz dirigida hacia las márgenes. Limpiar drenajes, controlar materiales de mantenimiento y orientar las luminarias hacia la vialidad. Inspeccionar mensualmente y después de lluvias relevantes durante la operación.

Verificación. M5 — Cumplimiento: (dispositivos inspeccionados / dispositivos programados) × 100; meta: 100 %. Eficacia: número de obstrucciones, residuos en salidas del drenaje y luminarias que dirigen luz hacia las márgenes. Evidencia: recorridos y fotografías.

Recuperación. La reducción depende del mantenimiento del drenaje, la limpieza y la orientación de las luminarias durante la operación.

Efectos combinados. La luz, el tránsito y los escurrimientos del puente pueden coincidir con otras presiones urbanas sobre el agua y la fauna.

Condición posterior al manejo. El tránsito, la iluminación y los escurrimientos se repiten durante la operación. El mantenimiento y la orientación de luminarias reducen su efecto, pero requieren seguimiento continuo. Véanse Anexos 4.3 y 4.6, ficha I11.

IV.4.12 I12 Movilidad

Etapa: Operación. Actividad: Habilitación y uso de la conexión vial.

I12 — La nueva conexión puede facilitar el acceso entre las zonas vinculadas por el puente y modificar las rutas de circulación.

Caracterización. Beneficio potencial de accesibilidad durante la operación. Se manifiesta en los recorridos que utilizan la conexión; su alcance depende de la demanda y de la distribución del tránsito.

Efectos. Directos: disponibilidad de una nueva conexión vial. Indirectos: cambios en rutas, tiempos de recorrido y distribución del tránsito en las vialidades relacionadas.

Medidas asociadas: Mitigación M3.

M3 — Reducir las molestias y los riesgos de obra. Organizar horarios, mantener equipos, señalizar frentes y conservar accesos seguros. Revisar diariamente durante la construcción y en cada intervención de mantenimiento.

Verificación. M3 — Cumplimiento: (frentes señalizados / frentes activos) × 100; meta: 100 %. Eficacia: niveles de ruido en dB(A), duración de las restricciones de acceso y número de incidentes. Registrar ubicación, horario y condiciones de medición.

Recuperación. El beneficio depende de la disponibilidad y el uso de la conexión durante la operación.

Efectos combinados. La conexión modifica recorridos y puede redistribuir el tránsito hacia otras vialidades. El beneficio de acceso se analiza junto con esos cambios.

Condición posterior al manejo. La nueva conexión ofrece una posibilidad de mejora de acceso. Su resultado depende del uso y la distribución del tránsito; este beneficio se analiza por separado de los impactos negativos. Véanse Anexos 4.3 y 4.6, ficha I12.

IV.4.13 I13 Suelo y cobertura

Etapa: Retiro y restauración. Actividad: Retiro de instalaciones y recuperación de áreas.

I13 — El retiro de instalaciones, la limpieza, la recuperación del suelo y el establecimiento de vegetación favorecen la recuperación de las áreas ocupadas temporalmente.

Caracterización. Efecto positivo y progresivo en las superficies recuperadas. Su duración y alcance dependen de la estabilidad del suelo, el establecimiento de la vegetación y la conservación de las áreas.

Efectos. Directos: retiro de materiales y recuperación del suelo y la cobertura. Indirectos: reducción del arrastre de tierra y recuperación gradual de refugios y otras funciones de la vegetación.

Medidas asociadas: Restauración R1.

R1 — Recuperar las superficies utilizadas temporalmente. Retirar instalaciones, materiales y residuos; descompactar donde proceda y restituir el suelo y la vegetación sin afectar el drenaje. Ejecutar al cierre de cada área e inspeccionar mensualmente el establecimiento vegetal.

Verificación. R1 — Cumplimiento: (superficie restituida / superficie temporal susceptible de recuperación) × 100; meta: 100 %, con superficies en m². Eficacia: estabilidad del suelo, cobertura vegetal y supervivencia por sitio. Evidencia: comparación de fotografías y registros antes y después de la intervención.

Recuperación. Recuperación progresiva del suelo y de la cobertura, verificada mediante estabilidad, supervivencia y establecimiento vegetal.

Efectos combinados. La recuperación vegetal y la estabilización del suelo pueden reducir conjuntamente la erosión y favorecer la recuperación de refugios.

Condición posterior al manejo. La recuperación del suelo y la vegetación es progresiva. El retiro de instalaciones y la plantación se verifican junto con estabilidad, cobertura y supervivencia para comprobar recuperación efectiva. Véanse Anexos 4.3 y 4.6, ficha I13.

IV.5 Valoración y jerarquización de los impactos

La jerarquización orienta el manejo hacia los componentes que pueden sufrir cambios persistentes o difíciles de recuperar. El agua y el flujo del río, la estabilidad de márgenes, la vegetación y la fauna concentran mecanismos que requieren prevención y seguimiento. Los efectos temporales sobre aire, ruido y accesibilidad también demandan control, especialmente cerca de población y sitios utilizados por fauna.

La importancia no se deduce de la superficie por sí sola. Un cambio pequeño puede ser relevante si afecta una función sensible, y una actividad breve puede dejar una pérdida permanente. Para cada impacto se relacionan las condiciones de exposición, el mecanismo de recuperación y la alteración que puede permanecer con las medidas.

Tabla 7 Prioridades de manejo y funcionamiento.

Impactos	Prioridad de manejo	Fundamento
I01, I02	Protección de vegetación, refugios e individuos.	La remoción puede dejar pérdidas persistentes; rescatar individuos no sustituye hábitat.
I03, I04	Control de suelo expuesto y transporte de tierra.	El escurrimiento conecta excavaciones con márgenes, drenajes y río.
I05	Protección del paso del agua y seguimiento del cauce.	La ocupación temporal y los apoyos actúan con duraciones diferentes.
I08, I11	Prevención de contaminación y control en operación.	Los materiales pueden transportarse por escurrimientos; los efectos de operación son repetidos.
I06, I07, I09	Control de exposición y accesos.	Las fuentes actúan cerca de personas, fauna y edificaciones.
I10	Manejo del cambio visual temporal y permanente.	El retiro de instalaciones no elimina la presencia del puente.
I12, I13	Verificación de beneficios y recuperación.	La conexión y la restitución generan beneficios potenciales que se valoran por su resultado.

Estas prioridades no constituyen categorías numéricas de impacto ni una conclusión de insignificancia. El alcance de la evaluación es explicar los mecanismos y su manejo. La eficacia de una medida se demuestra por la respuesta del componente y no por una reducción automática de puntuaciones.

La matriz de caracterización permite comparar los trece impactos mediante el mismo conjunto de atributos. Su lectura identifica cuáles cesan con la fuente, cuáles dependen de la recuperación del sitio y cuáles se relacionan con elementos permanentes. Esta comparación sustenta las prioridades de manejo descritas en la Tabla 7 y mantiene separada la verificación de beneficios de la atención de afectaciones adversas (Anexo 4.3).

IV.6 Impactos significativos, acumulativos, sinérgicos y residuales

IV.6.1 Efectos combinados

La pérdida de vegetación (I01), la modificación del suelo y las márgenes (I03), la perturbación de fauna (I02), el transporte de materiales hacia el agua (I04 e I08) y los posibles cambios en el flujo del río (I05) son los principales mecanismos de afectación. Su importancia se examina por el componente afectado, la permanencia del cambio y la capacidad de recuperación.

Los efectos acumulativos se presentan cuando el proyecto y otras actividades actúan de forma repetida o simultánea sobre el mismo componente; por ejemplo, la reducción de cobertura vegetal en un entorno urbanizado. Una interacción sinérgica potencial ocurre al combinar retiro de vegetación, suelo expuesto y lluvia, lo que favorece el arrastre de tierra. La magnitud conjunta no se equipara a una suma de impactos identificados.

Las medidas reducen exposición, arrastre y liberación de materiales, pero la ocupación permanente y la presencia visual del puente pueden persistir. El rescate de individuos no sustituye su hábitat y la plantación no demuestra por sí sola compensación equivalente. Durante la operación se repiten los efectos del tránsito, el drenaje y la iluminación (I11). Los beneficios potenciales de accesibilidad (I12) y recuperación de áreas temporales (I13) se analizan por separado y no cancelan los efectos negativos.

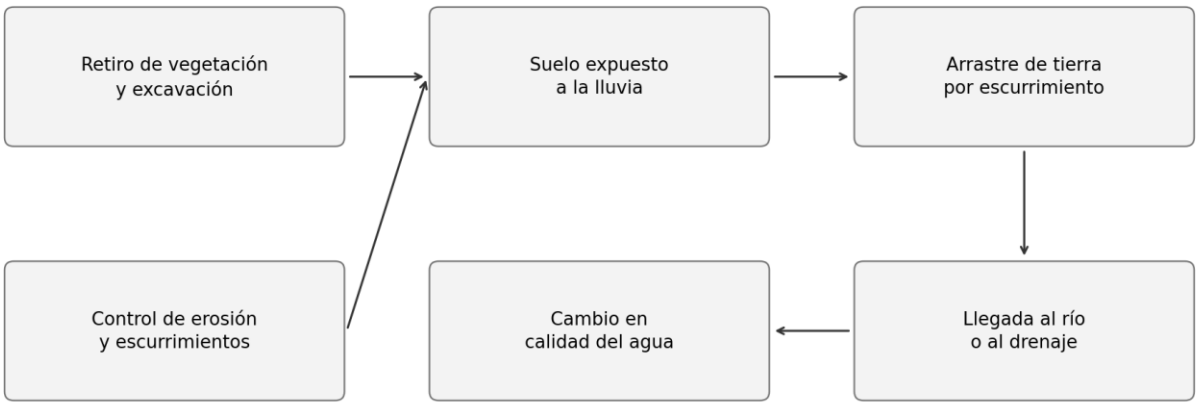


Figura 2 Ejemplo de interacción entre vegetación, suelo, lluvia y agua.

Esquema de un mecanismo potencial. La figura no representa concentraciones, superficies de afectación ni el comportamiento hidráulico medido del río.

Tabla 8 Efectos acumulativos, sinergéticos y residuales.

Tipo	Mecanismo del proyecto	Interpretación
Acumulativo	Reducción de cobertura sobre un entorno con ocupación urbana.	La contribución se examina sobre la misma cobertura o función ambiental.
Sinérgico potencial	Vegetación retirada, suelo expuesto y lluvia.	Su interacción favorece arrastre; la magnitud no se obtiene sumando claves.
Residual	Ocupación definitiva, pérdida de refugios y presencia visual.	Puede permanecer con controles de obra y restauración de áreas temporales.
Repetido en operación	Tránsito, iluminación y escurrimientos.	El mantenimiento reduce fuentes, sin presumir eliminación completa.

IV.6.2 Recuperación y límites de las medidas

Las medidas de protección reducen daño fuera de las superficies de trabajo y exposición evitable de fauna. Los controles de erosión atienden una vía de transporte y el manejo de residuos reduce liberaciones. La restauración recupera áreas temporales, mientras que la compensación atiende pérdidas residuales. Son funciones diferentes: recuperar una plataforma temporal no restituye una superficie ocupada de manera permanente.

La presencia permanente del puente, los cambios de ocupación y las funciones de hábitat afectadas se analizan como posibles residuos. La plantación aporta vegetación, pero el número plantado no demuestra por sí solo cobertura, estabilidad o función equivalente. El seguimiento examina supervivencia, desarrollo y condición del sitio.

Los Anexos 4.3 y 4.6 describen la condición posterior al manejo para cada impacto. En vegetación y suelo se reconoce la permanencia de la ocupación; en el paisaje se conserva la presencia visual del puente; y durante la operación se repiten las fuentes de tránsito, luz y escurrimiento. La vigilancia mantiene estas diferencias para interpretar el desempeño de cada medida sin atribuir a una acción resultados sobre componentes que no atiende.

IV.7 Delimitación y justificación del área de influencia

El área de influencia se representa en el archivo Area de Influencia (1).kmz; la Region Ecologica (1).kmz describe el contexto ambiental de mayor extensión. El polígono del proyecto identifica las superficies de intervención. Cada ámbito cumple una función distinta.

La delimitación se interpreta considerando el recorrido del agua y de los materiales hacia el río y los drenajes, los posibles cambios del flujo aguas arriba y aguas abajo, la dispersión de polvo y ruido, los sitios utilizados por la fauna y las rutas de acceso de la población. El alcance de cada efecto depende de su mecanismo; el límite del polígono no se interpreta como una barrera que impida efectos fuera de él. Los archivos de influencia y región ecológica no representan sitios de compensación o restauración.

Tabla 9 Criterios de interpretación del área de influencia.

Mecanismo	Ámbito que se considera	Criterio
Agua y sedimentos	Frentes, drenajes y sectores del río conectados.	Recorrido del escurrimiento y transporte de materiales.
Funcionamiento hidráulico	Sectores aguas arriba y aguas abajo de ocupaciones.	Cambios de paso del agua, erosión y depósito.
Polvo y ruido	Entorno de frentes y rutas de transporte.	Fuente, horario, viento y distancia a sitios de exposición.
Fauna y hábitat	Vegetación, refugios y sitios de desplazamiento.	Continuidad y condiciones de uso por fauna.
Población y movilidad	Accesos y vialidades vinculadas.	Restricciones y distribución de recorridos.

No se establece un radio único para todos los efectos. Un límite cartográfico ordena la representación del área; el recorrido del agua, la dispersión del aire y el uso del hábitat tienen comportamientos propios. Los mapas temáticos describen contexto, mientras que los archivos geográficos identifican los ámbitos representados.

El Anexo 4.7 Sitios propuestos incorpora referencias para la búsqueda de oportunidades de compensación y recuperación. Sus sectores se interpretan de acuerdo con esa finalidad y se distinguen del área de influencia ambiental: el radio utilizado para organizar la prospección no representa la distancia de propagación de un impacto. La localización y el propósito de S01, S02 y B01 se desarrollan en IV.8.2.

IV.8 Medidas de prevención, mitigación, compensación y restauración

Las acciones se agrupan según su función. La prevención evita la exposición o la liberación; la mitigación reduce un efecto; la restauración recupera superficies y condiciones; la compensación atiende pérdida residual. El catálogo conserva once claves. Una misma acción puede atender varios impactos porque esos cambios comparten una fuente o vía de transporte.

La relación entre cada medida, el sitio de aplicación, el responsable y la evidencia se desarrolla en el Anexo 4.4. El Anexo 4.5 Cronograma Ambiental organiza las acciones antes de cada frente, durante los trabajos, al cierre de áreas temporales y durante la operación. El Anexo 4.6 conserva esta misma relación dentro de cada ficha de impacto.

Tabla 10 Relación entre medidas e impactos

Clave	Medida	Impactos
P1	Delimitación y protección de áreas	I01, I03, I10
P2	Protección de flora y fauna	I01, I02
P3	Control de materiales y respuesta a derrames	I04, I08
P4	Protección del paso del agua en el río	I05
M1	Control de erosión y arrastre de tierra	I03, I04
M2	Control del polvo	I06
M3	Control del ruido y conservación de accesos seguros	I02, I07, I09, I12
M4	Manejo de residuos	I08
M5	Mantenimiento del drenaje y control de iluminación	I11
C1	Compensación de pérdida de vegetación y hábitat	I01
R1	Recuperación de áreas de ocupación temporal	I03, I10, I13

P1 Delimitación y protección de áreas

Función: Prevención. Evitar trabajos fuera de las superficies de intervención y proteger la vegetación que se conserva. Señalar los límites y las áreas excluidas antes de iniciar cada frente. Revisar diariamente la delimitación durante los 16 meses de preparación y construcción.

Cumplimiento: (frentes delimitados / frentes activos) × 100; meta: 100 %. Eficacia: superficie intervenida fuera de los límites, en m²; objetivo: 0 m². Evidencia: planos, coordenadas y fotografías.

P2 Protección de flora y fauna

Función: Prevención. Reducir el riesgo de daño a plantas y animales. Inspeccionar cada frente antes de iniciar el retiro de vegetación o la entrada de maquinaria; proteger los refugios identificados y realizar el manejo biológico con personal competente. Registrar cada intervención.



Cumplimiento: (frentes inspeccionados / frentes iniciados) × 100; meta: 100 %. Eficacia: número de incidentes con flora y fauna, destino de los individuos manejados y supervivencia registrada. Evidencia: bitácoras por sitio e individuo.

P3 Control de materiales y respuesta a derrames

Función: Prevención. Evitar que combustibles, concreto, sustancias o residuos lleguen al suelo, al río o a los drenajes. Instalar contención desde la habilitación del área, revisar diariamente y atender de inmediato cualquier liberación.

Cumplimiento: (áreas de almacenamiento con controles / áreas de almacenamiento en uso) × 100; meta: 100 %. Eficacia: número de derrames, volumen liberado en litros o unidad pertinente, superficie afectada en m² y resultado de la limpieza.

P4 Protección del paso del agua en el río

Función: Prevención. Controlar las ocupaciones provisionales del cauce y evitar obstrucciones ajenas al diseño de las obras. Inspeccionar diariamente y después de lluvias durante los trabajos en el río; retirar materiales que obstruyan el paso del agua.

Cumplimiento: ubicación y dimensiones de las ocupaciones respecto de los planos de obra. Eficacia: nivel del agua en m, velocidad en m/s, cambios de erosión y profundidad de socavación en m, comparados en puntos y condiciones equivalentes. La inspección visual no acredita por sí sola ausencia de cambios hidráulicos.

M1 Control de erosión y arrastre de tierra

Función: Mitigación. Reducir la erosión y el transporte de tierra hacia el agua. Instalar barreras y controles de escurrimiento antes de exponer el suelo; estabilizar las superficies y conservar los controles hasta su recuperación. Revisar diariamente y después de lluvias.

Cumplimiento: (frentes con suelo expuesto y controles instalados / frentes con suelo expuesto) × 100; meta: 100 %. Eficacia: erosión observada, turbidez en UNT o sólidos suspendidos en mg/L, con registro de sitio, método y condiciones de comparación.

M2 Control del polvo

Función: Mitigación. Reducir el polvo mediante humectación de superficies, cobertura de cargas y control de circulación. Aplicar la humectación según las condiciones del frente, sin generar escurrimientos contaminados. Revisar diariamente durante la preparación y construcción.



Cumplimiento: (cargas cubiertas / cargas que requieren cobertura) × 100; meta: 100 %. Eficacia: presencia de polvo en viviendas y otros sitios próximos, número de episodios y resultado de las acciones de control. Evidencia: recorridos y bitácoras.

M3 Control del ruido y conservación de accesos seguros

Función: Mitigación. Reducir las molestias y los riesgos de obra. Organizar horarios, mantener equipos, señalizar frentes y conservar accesos seguros. Revisar diariamente durante la construcción y en cada intervención de mantenimiento.

Cumplimiento: (frentes señalizados / frentes activos) × 100; meta: 100 %. Eficacia: niveles de ruido en dB(A), duración de las restricciones de acceso y número de incidentes. Registrar ubicación, horario y condiciones de medición.

M4 Manejo de residuos

Función: Mitigación. Evitar la dispersión de residuos y su contacto con el suelo y el agua. Separar por tipo, almacenar en áreas controladas y documentar su entrega y destino. Registrar cada generación y retiro durante la obra y el mantenimiento.

Cumplimiento: (cantidad con destino documentado / cantidad generada registrada) × 100; meta: 100 %, por tipo de residuo y unidad, como kg, t o m^3. Eficacia: presencia de residuos fuera del almacenamiento y contaminación asociada a su manejo.

M5 Mantenimiento del drenaje y control de iluminación

Función: Mitigación. Reducir obstrucciones, transporte de residuos y luz dirigida hacia las márgenes. Limpiar drenajes, controlar materiales de mantenimiento y orientar las luminarias hacia la vialidad. Inspeccionar mensualmente y después de lluvias relevantes durante la operación.

Cumplimiento: (dispositivos inspeccionados / dispositivos programados) × 100; meta: 100 %. Eficacia: número de obstrucciones, residuos en salidas del drenaje y luminarias que dirigen luz hacia las márgenes. Evidencia: recorridos y fotografías.

C1 Compensación de pérdida de vegetación y hábitat

Función: Compensación. Medida general propuesta para atender la pérdida de funciones ambientales que permanezca después de la prevención y mitigación. Comprende establecimiento y conservación de vegetación compatible con las condiciones del sitio. La plantación no se considera equivalente, por sí sola, a la recuperación de un hábitat maduro.

Cumplimiento: superficie establecida y conservada en m² e individuos plantados, por especie y sitio. Eficacia: (individuos vivos / individuos establecidos) × 100, cobertura vegetal y funciones recuperadas. Estos registros describen desempeño; no acreditan por sí solos equivalencia con la pérdida de hábitat.

R1 Recuperación de áreas de ocupación temporal

Función: Restauración. Recuperar las superficies utilizadas temporalmente. Retirar instalaciones, materiales y residuos; descompactar donde proceda y restituir el suelo y la vegetación sin afectar el drenaje. Ejecutar al cierre de cada área e inspeccionar mensualmente el establecimiento vegetal.

Cumplimiento: (superficie restituida / superficie temporal susceptible de recuperación) × 100; meta: 100 %, con superficies en m². Eficacia: estabilidad del suelo, cobertura vegetal y supervivencia por sitio. Evidencia: comparación de fotografías y registros antes y después de la intervención.

IV.8.1 Compensación y restauración

C1 — Medida general propuesta para atender la pérdida de funciones ambientales que permanezca después de la prevención y mitigación. Comprende establecimiento y conservación de vegetación compatible con las condiciones del sitio. La plantación no se considera equivalente, por sí sola, a la recuperación de un hábitat maduro.

R1 — Recuperar las superficies utilizadas temporalmente. Retirar instalaciones, materiales y residuos; descompactar donde proceda y restituir el suelo y la vegetación sin afectar el drenaje. Ejecutar al cierre de cada área e inspeccionar mensualmente el establecimiento vegetal.

C1 se vincula con la pérdida residual de vegetación y funciones de hábitat. El Anexo 4.7 identifica S01, S02 y B01 como referencias de búsqueda para examinar oportunidades de establecimiento, conservación y recuperación compatibles con ese objetivo. Su función cartográfica se describe en IV.8.2.

R1: superficies utilizadas temporalmente por los trabajos que permiten recuperar suelo y vegetación al retirar las instalaciones. Se distinguen de las superficies ocupadas permanentemente por el puente.

La compensación relaciona la pérdida residual con una mejora verificable de cobertura y funciones de hábitat. La restauración atiende las superficies temporales recuperables. Los registros de establecimiento y supervivencia se acompañan de la condición del suelo, la cobertura y el uso del sitio por la fauna. La recuperación de un área temporal se distingue de la pérdida que permanece bajo ocupación definitiva; ambas acciones conservan su identificación mediante C1 y R1 (Anexos 4.4 y 4.5).



IV.8.2 Sitios candidatos para compensación y recuperación ambiental

El Anexo 4.7 incorpora tres referencias próximas al proyecto: S01, entorno del acceso norte; S02, entorno del acceso sur; y B01, Laguna La Lima. S01 y S02 se representan mediante puntos y sectores de búsqueda de 150 m de radio. B01 es una referencia aproximada de interés biológico. Estas representaciones orientan la identificación de oportunidades de manejo y se interpretan como sitios candidatos, con un alcance distinto al de un polígono de intervención ambiental.

La selección de un área para C1 considera la relación entre la pérdida residual del proyecto y las funciones que se recuperan en el sitio. El establecimiento de vegetación compatible, la conservación de cobertura y la recuperación de refugios se examinan junto con el drenaje, el régimen de inundación, el uso del terreno y su disponibilidad. La cercanía al puente facilita la relación espacial, pero la utilidad ambiental depende de la mejora que se logra y conserva.

Para R1, el criterio principal es la ocupación temporal efectivamente generada por la obra. La limpieza, la restitución del suelo y el establecimiento vegetal se aplican a superficies que admiten recuperación al terminar su uso. Un terreno cercano que no recibió ocupación temporal tiene un propósito diferente al de la restauración de un frente de obra.

Tabla 11 Referencias espaciales para compensación y recuperación ambiental.

Clave y sitio	Coordenada de referencia WGS84	Representación	Propósito ambiental
S01 Entorno del acceso norte	Longitud: −92.95360000 Latitud: 18.00830000	Punto y sector de búsqueda de 150 m de radio.	Reconocer terrenos degradados próximos al acceso y oportunidades de recuperación de vegetación y hábitat.
S02 Entorno del acceso sur	Longitud: −92.95370000 Latitud: 18.00350000	Punto y sector de búsqueda de 150 m de radio.	Examinar el entorno del acceso y la recuperación de superficies utilizadas temporalmente por la obra.
B01 Laguna La Lima	Longitud: −92.96416667 Latitud: 18.01333333	Referencia aproximada de interés biológico.	Examinar oportunidades de recuperación compatibles con las funciones del humedal y su conservación.

Fuente: Anexo 4.7 Sitios propuestos. Las coordenadas son geográficas WGS84 y corresponden a referencias de localización.

S01 concentra la búsqueda en el entorno del acceso norte. Su propósito es reconocer superficies degradadas, continuidad vegetal y recorridos de escurrimiento que influyen en la recuperación del sitio.

El manejo de vegetación conserva los ejemplares y refugios que cumplen funciones ambientales y evita extender la intervención sobre cobertura en buen estado.

S02 organiza la revisión del entorno del acceso sur y de las áreas relacionadas con el uso temporal de la obra. La aplicación de R1 comprende retiro de instalaciones y residuos, descompactación donde procede y recuperación de suelo y cobertura compatible con el drenaje. La estabilidad del terreno y el establecimiento vegetal permiten comprobar el resultado de esa recuperación.

B01 sitúa aproximadamente Laguna La Lima, reconocida en la documentación del Anexo 4.7 como un humedal de interés biológico e hidrológico. La referencia orienta el examen de oportunidades de recuperación de sectores degradados compatibles con conservación. El manejo respeta las comunidades propias del humedal y evita rellenos, drenado o plantaciones que sustituyan su vegetación natural. La actuación se vincula con la autoridad administradora y con la disponibilidad del sitio.

La geometría de S01 y S02 delimita sectores de búsqueda, y B01 identifica una referencia documental. Los radios de búsqueda y la coordenada de Laguna La Lima no se contabilizan como superficies comprometidas por C1 o R1. La superficie de una acción ambiental corresponde a su polígono de ejecución; su registro se expresa en m² y conserva ubicación, actividad, especies y resultados de seguimiento.

El seguimiento de C1 examina individuos establecidos y vivos, cobertura y funciones de hábitat. Para R1 se registra la superficie temporal recuperada, la estabilidad del suelo y el establecimiento de vegetación. Estos criterios mantienen la correspondencia con los Anexos 4.4, 4.5 y 4.6 y con el apartado de compensación y restauración de la pestaña CAP IV.

IV.9 Programas de manejo y vigilancia ambiental

IV.9.1 Organización y responsabilidades

El promovente es responsable de las medidas ambientales del proyecto. El contratista ejecuta controles en los frentes y mantiene instalaciones y registros; el responsable ambiental organiza la inspección y el manejo especializado. La supervisión verifica ejecución, evidencia y respuesta de los componentes ambientales. Cada registro identifica frente, fecha, ubicación, clave, responsable y resultado.

El Anexo 4.4 organiza las once medidas con su tipo, impactos relacionados, acciones, sitios, momentos de aplicación y responsabilidades. La revisión por medida permite comprobar que la acción se ejecuta donde ocurre el mecanismo que atiende. El promovente conserva la responsabilidad de manejo; el

contratista y el responsable ambiental ejecutan y documentan las acciones; y la supervisión verifica los registros y la condición del sitio.

El programa comprende protección biológica, control de suelo y agua, manejo del cauce, emisiones, accesibilidad y conservación de áreas recuperadas. Durante operación se mantiene el seguimiento del drenaje y la iluminación mediante M5, mientras que las acciones de mantenimiento aplican los controles correspondientes a los materiales y actividades que generan.

Tabla 12 Programas de manejo y seguimiento.

Programa	Medidas	Objeto de seguimiento
Protección biológica	P1, P2, C1, R1	Áreas protegidas, individuos, refugios, cobertura y supervivencia.
Suelo, agua y cauce	P3, P4, M1	Límites, contención, erosión, transporte y paso del agua.
Aire, ruido y accesibilidad	M2, M3	Fuentes de polvo, equipos, horarios y pasos seguros.
Residuos y mantenimiento	M4, M5	Almacenamiento, destino, drenaje e iluminación.
Recuperación de áreas temporales	R1	Retiro, estabilidad, suelo y vegetación recuperada.

IV.9.2 Cumplimiento y eficacia

El cumplimiento demuestra que una medida se ejecutó; la eficacia demuestra qué resultado produjo. Por ejemplo, la cobertura de una carga es ejecución, mientras que la reducción de polvo en una vivienda es desempeño. La plantación registra establecimiento; la supervivencia y la cobertura describen evolución. Ambos tipos de registro son necesarios para interpretar el resultado.

Tabla 13 Cálculo y lectura de indicadores.

Indicador	Cálculo o unidad	Regla de lectura
Delimitación e inspección	Frentes atendidos / frentes sujetos a la acción × 100.	Meta de cumplimiento: 100 %. No es resultado observado.
Intervención fuera de límites	m^2 intervenidos exteriormente.	Objetivo: 0 m^2, documentado con ubicación.
Residuos	Cantidad con destino documentado / cantidad generada × 100.	Separar tipo y unidad; no sumar kg y m^3.
Supervivencia	Individuos vivos / individuos establecidos × 100.	Distinguir especie, sitio y fecha de establecimiento.

Indicador	Cálculo o unidad	Regla de lectura
Restitución	Superficie restituida / superficie temporal recuperable × 100.	Distinguir ocupación temporal y permanente.
Agua, ruido e hidráulica	UNT, mg/L, dB(A), m y m/s según variable.	Registrar método, punto, horario y condiciones comparables.

Los porcentajes requieren un denominador positivo y comparable. Un registro vacío o un denominador igual a cero no representa 100 % de cumplimiento. Los datos de campo conservan método, unidad, fecha y ubicación. El número de incidentes se interpreta junto con el esfuerzo de inspección, pues un registro sin eventos no demuestra por sí solo ausencia de riesgo.

Los indicadores se registran con unidades comparables. Para residuos se conserva el tipo y la unidad de cantidad; para suelo se utilizan superficies en m²; y para agua se documenta el método de turbidez o sólidos suspendidos. La medición de ruido identifica el sitio y el horario. Esta información permite distinguir la ejecución de un control de su resultado sobre el ambiente (Anexo 4.4).

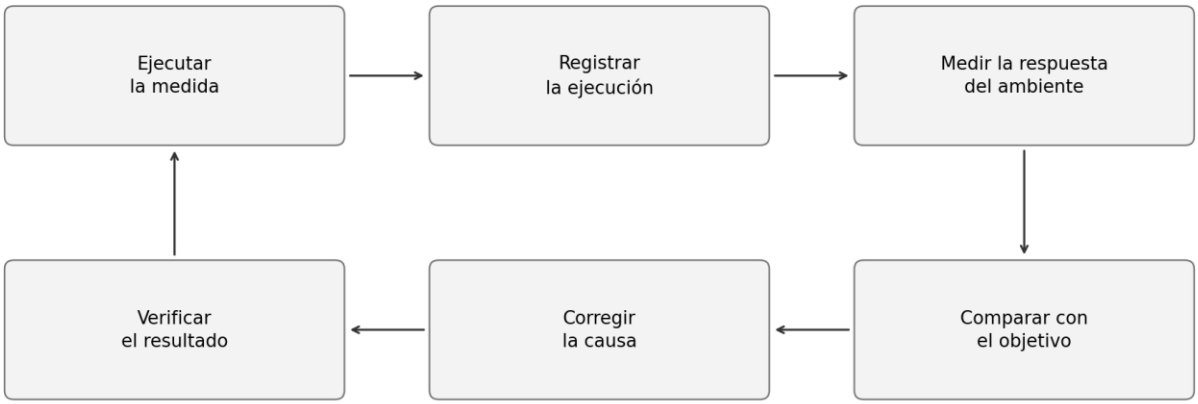


Figura 3 Secuencia de verificación y respuesta ambiental.

Esquema del control ambiental durante la obra y la operación. El resultado de las acciones se verifica mediante registros de ejecución y respuesta del ambiente.

IV.9.3 Respuesta ante desviaciones

Las desviaciones se registran con su causa y el componente afectado. Según el mecanismo, la respuesta incluye controlar la fuente, contener materiales, limpiar o ajustar la actividad que genera el daño. La

supervisión documenta la acción y la condición posterior del sitio. El cierre de un incidente se sustenta en evidencia del resultado, no únicamente en una firma o en el retiro visible de materiales.

La respuesta se vincula con la medida que atiende la causa del incidente. P3 organiza contención y respuesta a liberaciones; M1 atiende arrastre de suelo; M3 controla molestias y accesos; y M4 mantiene el manejo diferenciado de residuos. La verificación posterior describe la condición del componente afectado y conserva el vínculo con el registro de la acción.

IV.10 Presupuesto y calendario de implementación

La inversión del proyecto se toma como referencia en $1,062,681,075.31 M.N. La estimación ambiental es $26,567,026.88 M.N., equivalente al 2.50 %. El monto expresa una referencia global de inversión y no el costo individual de cada medida. La interpretación económica conserva esa distinción y no atribuye equivalencia ambiental a un porcentaje financiero.

Tabla 14 Referencias económicas

Concepto	Monto o relación	Interpretación
Inversión del proyecto	$1,062,681,075.31 M.N.	Referencia global de inversión.
Estimación ambiental	$26,567,026.88 M.N.	Referencia global para acciones ambientales.
Proporción ambiental	2.50 %	Relación entre estimación e inversión.
Costo por concepto	Cantidad × precio unitario × ejecuciones.	Estructura para distinguir alcance material y frecuencia.

Los conceptos de ejecución se diferencian de supervisión y mantenimiento. Las actividades incluidas en el contrato de construcción se identifican para evitar doble contabilización. Los costos se relacionan con la clave de medida, la unidad de trabajo y su duración; el establecimiento vegetal también comprende conservación y seguimiento, no sólo adquisición de plantas.

El calendario detallado se presenta en el Anexo 4.5. La preparación y construcción tienen una ventana de referencia de 16 meses; la secuencia de las medidas se organiza por inicio de frente, actividad en ejecución, cierre de ocupación temporal y funcionamiento de la infraestructura. Cada acción se activa por la condición que atiende, de manera que un control de sedimentos se instala antes de exponer el suelo y se conserva hasta estabilizarlo.

C1 comprende establecimiento, conservación y seguimiento de vegetación. R1 se ejecuta al cierre de cada área temporal e incorpora revisión mensual del establecimiento vegetal. M5 se verifica

mensualmente y después de lluvias relevantes durante operación. Estas frecuencias corresponden al programa y a las fichas de impacto (Anexos 4.4 a 4.6).

Tabla 15 Calendario de aplicación.

Momento	Medidas	Frecuencia
Antes de cada frente	P1, P2 y controles P3 y P4 según actividad.	Delimitación e inspección antes de intervenir.
Preparación y construcción	P1–P4 y M1–M4 según fuente y componente.	Diaria, después de lluvia o por evento según ficha; ventana de 16 meses.
Cierre de áreas temporales	R1.	Al retirar instalaciones; inspección mensual del establecimiento.
Manejo de pérdida residual	C1.	Alcance general de establecimiento y conservación de vegetación.
Operación y mantenimiento	M4, M5 y M3 en intervenciones.	Por generación y retiro; mensual y después de lluvia para M5.

IV.11 Pronósticos ambientales y alternativas de manejo

El pronóstico compara la condición del entorno con los mecanismos de cambio del proyecto. El escenario sin obra conserva las presiones urbanas existentes y no supone un ambiente sin alteraciones. El escenario con obra sin controles representa exposición a remoción, excavación, materiales y maquinaria. El escenario con medidas incorpora reducción de esas vías y distingue los efectos que pueden permanecer.

Tabla 16 Comparación de escenarios.

Componente	Sin proyecto	Con proyecto sin controles	Con proyecto y medidas
Suelo y vegetación	Cobertura y ocupación actuales.	Exposición de suelo y pérdida vegetal por intervención.	Límites, protección y recuperación temporal; persiste ocupación definitiva.
Agua y cauce	Dinámica del río y drenajes existentes.	Posible transporte de materiales y cambios de flujo.	Contención y control de ocupaciones; comportamiento hidráulico se interpreta por variables propias.
Fauna	Uso del hábitat del entorno.	Perturbación, pérdida de refugios e incidentes posibles.	Inspección y manejo reducen daño; pérdida de hábitat puede permanecer.

Componente	Sin proyecto	Con proyecto sin controles	Con proyecto y medidas
Población y movilidad	Rutas y presiones actuales.	Restricciones de obra y nueva conexión en operación.	Control de frentes y accesos; beneficio potencial de conexión.
Paisaje	Configuración actual.	Instalaciones de obra y estructura permanente.	Retiro temporal y recuperación; presencia del puente permanece.

IV.11.1 Alternativas de manejo constructivo

Las alternativas de manejo comprenden reducir ocupación temporal, conservar vegetación fuera de huella, controlar escurrimientos por frente y organizar rutas y horarios. Se presentan como criterios operativos de menor exposición y no como una comparación de trazados alternativos. Su aplicación se relaciona con el mismo propósito constructivo y con las condiciones del sitio.

Para el manejo de compensación y recuperación, S01 y S02 permiten examinar el entorno inmediato de los accesos, y B01 aporta una referencia de humedal con interés biológico (Anexo 4.7). La alternativa ambiental se interpreta por la función que recupera y por la compatibilidad del sitio. La proximidad y el número de plantas se acompañan de estabilidad, cobertura y conservación del hábitat para valorar el resultado.

Tabla 17 Criterios de selección de manejo.

Decisión	Criterio ambiental	Medidas relacionadas
Áreas auxiliares y rutas	Concentrar ocupación dentro de límites y evitar superficies protegidas.	P1, R1.
Liberación de frentes	Inspeccionar antes de retirar vegetación o entrar con equipo.	P2.
Escurrimientos y materiales	Reducir contacto con suelo, agua y drenajes; conservar controles.	P3, M1, M4.
Trabajo en cauce	Evitar obstrucciones ajenas al diseño y controlar ocupaciones.	P4.
Horarios y accesos	Reducir exposición y mantener pasos seguros.	M2, M3.

IV.12 Conclusiones

La evaluación del Puente Carrizal, componente del Proyecto Integral Villahermosa 2030, identifica los cambios asociados con la preparación del sitio, la construcción, la operación y el mantenimiento, así

como con el retiro de instalaciones provisionales y la recuperación de áreas temporales. El resultado comprende trece impactos, I01–I13, y once medidas de prevención, mitigación, compensación y restauración. Cada impacto se relaciona con su actividad de origen, el componente afectado y las acciones e indicadores que permiten comprobar su manejo.

El análisis considera al río Carrizal y sus márgenes como parte de un entorno en el que interactúan el agua, el suelo, la vegetación, la fauna y los asentamientos humanos. La presencia de vialidades y otros elementos urbanos describe la condición del sitio, pero no elimina sus funciones ambientales ni convierte las nuevas afectaciones en consecuencias irrelevantes. Por ello, las presiones existentes se distinguen de las atribuibles al proyecto, y la interpretación regional examina las conexiones entre componentes y los efectos que pueden actuar sobre un mismo espacio o proceso. La superficie de construcción de referencia de 26,044.0324 m² corresponde al componente evaluado y conserva su distinción respecto de las obras vinculadas de Paseo Tabasco.

La metodología cualitativa explica las relaciones entre actividades y componentes mediante la matriz de interacción, la caracterización y las fichas de impacto. Su utilidad consiste en describir cómo se produce una afectación, dónde puede manifestarse, cuánto puede durar y qué posibilidades de recuperación presenta. Los Anexos 4.1, 4.2, 4.3 y 4.6 permiten seguir esta explicación con las mismas claves, sin atribuir a las descripciones valores numéricos de importancia que no forman parte del método. El diagnóstico biológico y la cartografía se interpretan según su ámbito de registro. El número de especies o individuos presentes caracteriza el sitio y no equivale, por sí mismo, a la cantidad afectada por la obra.

Durante la preparación y construcción, las prioridades ambientales son conservar la vegetación fuera de las superficies de intervención, proteger a la fauna, controlar la exposición del suelo y evitar el transporte de materiales hacia el río y los drenajes. La delimitación de áreas, la inspección biológica previa a la intervención y el manejo de organismos se relacionan con I01 e I02. El control de erosión y escurrimientos atiende I03 e I04. La contención de materiales y la respuesta a derrames, junto con el manejo diferenciado de residuos, atienden las vías de contaminación identificadas en I08. Estas acciones se aplican en el frente donde se genera la afectación y conservan su relación con el sitio receptor.

La protección del funcionamiento del río constituye una prioridad propia del proyecto. Las ocupaciones provisionales del cauce, los apoyos y las intervenciones en sus márgenes se relacionan con I05 y se examinan por sus posibles efectos sobre el paso del agua, la erosión, el depósito de materiales y la socavación. La medida P4 organiza la protección del cauce y la verificación de las ocupaciones respecto de los planos. El seguimiento distingue la inspección de obstrucciones de la medición del

comportamiento hidráulico. Los registros de nivel, velocidad, erosión y profundidad de socavación se interpretan con referencia al sitio y a condiciones comparables. La ejecución de controles de obra no se presenta como prueba automática de un comportamiento hidráulico inalterado.

La exposición de la población durante los trabajos requiere controlar el polvo, el ruido, las restricciones de acceso y las interferencias con la movilidad y los servicios. Las medidas M2 y M3 se vinculan con I06, I07 e I09 y organizan la humectación, la cobertura de cargas, el mantenimiento del equipo y la conservación de accesos seguros. El manejo del paisaje, identificado mediante I10, distingue la presencia de instalaciones temporales de la permanencia visual de la estructura. La recuperación de una zona de trabajo puede reducir la alteración temporal, mientras que la presencia del puente forma parte del escenario de operación.

La operación y el mantenimiento conservan mecanismos de afectación que requieren atención durante el funcionamiento de la infraestructura. El tránsito, la iluminación y el transporte de materiales por escurrimiento se relacionan con I11. La limpieza de drenajes, el manejo de residuos y la orientación de la iluminación constituyen acciones de control vinculadas con M4 y M5. Los beneficios potenciales de accesibilidad y conexión vial de I12 se examinan por su resultado en la movilidad. Se mantienen diferenciados de las pérdidas de vegetación, refugios o funciones ambientales, de modo que una mejora de conectividad no se utiliza para cancelar las afectaciones a otros componentes.

Los efectos acumulativos y sinérgicos se interpretan a partir de las presiones que coinciden sobre el mismo componente y de las relaciones entre cambios. La reducción de cobertura vegetal puede concurrir con otras intervenciones del entorno. El retiro de vegetación, la exposición del suelo y la lluvia pueden favorecer conjuntamente el arrastre de tierra hacia el agua. La valoración de estas relaciones atiende al mecanismo de propagación, a la permanencia del cambio y a la recuperación del componente. Los Anexos 4.3 y 4.6 conservan esta lectura por impacto y distinguen los efectos combinados de una simple suma de afectaciones.

El manejo reconoce la permanencia de efectos residuales relacionados con la ocupación definitiva, la pérdida de cobertura o refugios y la presencia visual de la infraestructura. La prevención reduce la probabilidad de generar una afectación y la mitigación controla su intensidad o propagación. La restauración R1 recupera las superficies efectivamente utilizadas de manera temporal, mediante el retiro de instalaciones y residuos, la restitución del suelo y el establecimiento vegetal compatible con el drenaje. Su resultado se relaciona con I13 y se verifica mediante estabilidad, cobertura y supervivencia. La compensación C1 atiende las pérdidas de vegetación y hábitat que permanecen después del manejo, con una finalidad distinta de la recuperación de las áreas temporales.

Los tres sitios incluidos en el Anexo 4.7 permiten ubicar oportunidades de compensación y recuperación con propósitos ambientales diferenciados. S01 se refiere al entorno del acceso norte y S02 al entorno del acceso sur. Ambos representan sectores de búsqueda de 150 m de radio. B01 corresponde a una referencia aproximada de Laguna La Lima y orienta el examen de oportunidades compatibles con las funciones del humedal y su conservación. Estas referencias se interpretan conforme a IV.8.2 y no se contabilizan como superficies comprometidas de C1 o R1. La función recuperada, la compatibilidad del establecimiento vegetal con el sitio, el drenaje y la conservación del hábitat son los criterios ambientales para interpretar las acciones, además de su ubicación.

El resultado de la compensación se examina por la vegetación establecida y conservada, su supervivencia, la cobertura y las funciones ambientales que recupera. El número de plantas y la superficie intervenida describen la ejecución, pero no representan por sí solos equivalencia con un hábitat maduro. En la restauración, el porcentaje de superficie restituida se acompaña de la condición del suelo, el drenaje y la respuesta de la vegetación. Esta distinción permite valorar tanto el cumplimiento como la eficacia y evita atribuir a una acción resultados sobre componentes o procesos que no atiende.

El Programa de Manejo y Vigilancia Ambiental y el Cronograma Ambiental, presentados en los Anexos 4.4 y 4.5, organizan las responsabilidades, los momentos de aplicación y las evidencias de las once medidas. La preparación y construcción tienen un periodo de referencia de 16 meses. Los controles se activan por la actividad y la condición ambiental que atienden, las áreas temporales se recuperan al cierre de su ocupación y las acciones de mantenimiento se conservan durante la operación. La supervisión relaciona cada registro con una medida, un sitio y un momento. Cuando se identifica una desviación, la respuesta atiende su causa y el cierre se sustenta en la condición posterior del componente afectado.

La inversión ambiental de referencia de $26,567,026.88 M.N., equivalente al 2.50 % de la inversión del proyecto, expresa una previsión global para acciones ambientales. Este monto se distingue del costo individual de las medidas y de la equivalencia de la compensación. El desempeño se acredita mediante la ejecución y los resultados ambientales del manejo.

Para la evaluación integral, el artículo 35 de la LGEEPA y el artículo 44 de su Reglamento en materia de Evaluación del Impacto Ambiental orientan el examen del conjunto de elementos del ecosistema, su integridad funcional y las medidas propuestas. La compatibilidad con los ordenamientos territoriales, las declaratorias de áreas naturales protegidas y las disposiciones aplicables forma parte de ese examen. En este capítulo, esos criterios se expresan mediante la atención al cauce, las márgenes, el

hábitat, los efectos combinados y la condición posterior al manejo. La referencia B01 no modifica el régimen de protección ni constituye autorización para intervenir Laguna La Lima.

La documentación del capítulo permite a DGIRA examinar la secuencia entre actividades, impactos, medidas y resultados esperados con referencias verificables a los anexos y a la pestaña CAP IV. La concordancia entre la matriz de interacción, la caracterización, las fichas y el programa conserva el mismo alcance para I01–I13 y para P1–P4, M1–M5, C1 y R1. Este conjunto sustenta un esquema de manejo ambiental que concentra la prevención y el control en las fuentes de afectación, protege los componentes sensibles y distingue la recuperación temporal de la atención a pérdidas residuales. La valoración del proyecto se apoya en esa relación y en su aplicación efectiva, dentro del examen integral del expediente que corresponde a la autoridad ambiental.

IV.13 Fuentes documentales y correspondencia con el formato CAP IV

La descripción técnica del proyecto, el diagnóstico ambiental, los registros de flora y fauna, los planos y la cartografía sustentan la identificación de mecanismos. Los anexos del capítulo organizan su interpretación y seguimiento mediante las mismas claves de impacto y medida. La pestaña CAP IV de la guía concentra estos resultados y conserva la relación entre actividades, componentes, efectos y manejo ambiental.

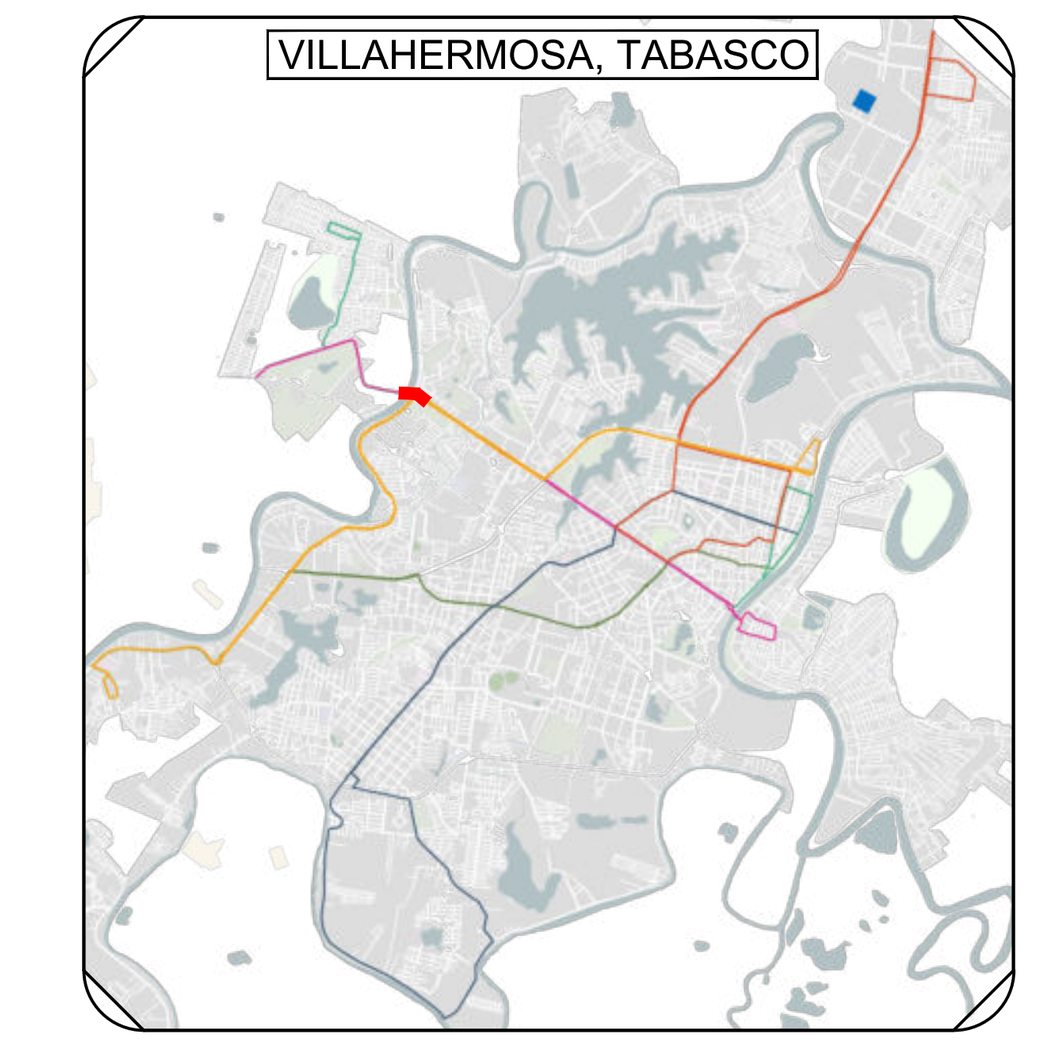
Tabla 18 Relación de anexos y secciones del capítulo.

Anexo	Nombre	Sección	Contenido
4.1	Metodología de Evaluación	IV.2	Procedimiento y criterios de identificación y caracterización.
4.2	Matriz de Interacción	IV.2 y IV.4	Relaciones entre actividades y componentes ambientales.
4.3	Matriz de Caracterización	IV.4, IV.5 y IV.6	Descripción, recuperación, efectos combinados y residuales de I01–I13.
4.4	Programa de Manejo y Vigilancia	IV.8 y IV.9	Once medidas, responsables, frecuencia, indicadores y evidencias.
4.5	Cronograma Ambiental	IV.9 y IV.10	Momentos de aplicación por frente y etapa.
4.6	Fichas de Impactos	IV.4, IV.6 y IV.8	Desarrollo individual y verificación de I01–I13.
4.7	Sitios propuestos	IV.7 y IV.8.2	Sectores S01 y S02 y referencia biológica B01.

La correspondencia con la guía conserva I01–I13 para impactos y P1–P4, M1–M5, C1 y R1 para medidas. S01, S02 y B01 identifican referencias de localización del Anexo 4.7 y no constituyen nuevas claves de impacto. Los indicadores de cumplimiento describen ejecución y los de eficacia describen resultados ambientales; su interpretación es la misma en el texto, las fichas y el programa.

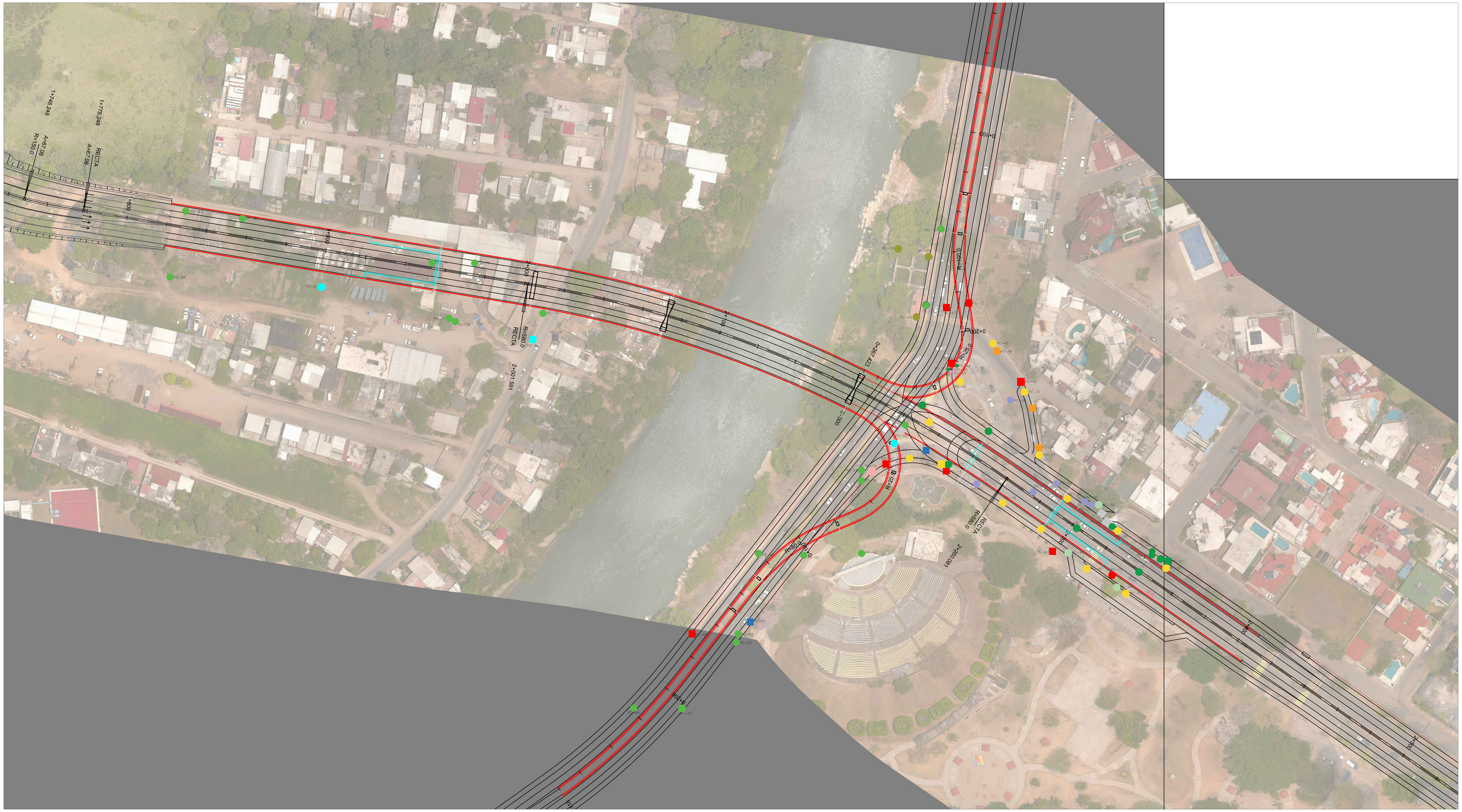
- Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión. (2026). *Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente*. Texto vigente, última reforma publicada en el DOF el 19 de enero de 2026. Artículo 35. diputados.gob.mx
- Presidencia de la República. (2000). *Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en materia de Evaluación del Impacto Ambiental*. Última reforma publicada en el DOF el 31 de octubre de 2014. Artículo 44. diputados.gob.mx
- Gobierno del Estado de Tabasco. (2026, 31 de enero). *Acuerdo núm. 4822 relativo al área natural protegida Laguna La Lima*. Periódico Oficial del Estado de Tabasco, edición 8590, suplemento C. Fuente oficial utilizada para la referencia de interés biológico B01.

LOCALIZACIÓN:



Norte

SISTEMA DE COORDENADAS PROYECTADO
Coordenadas zona UTM 15N



PLANTA GENERAL PUENTE CARRIZAL
ESCALA 1:1000

SIMBOLOGÍA Y/O ESPECIFICACIONES:

- REGISTRO CFE
- REGISTRO PLUVIAL
- REGISTRO TELECOMUNICACIONES (TELMEX)
- TRANSFORMADOR CFE
- ACOMETIDA CFE
- REGISTRO CONAGUA
- REGISTRO LUMINICO
- PORTON/CASETA DE COBRO
- POSTE EXISTENTE DE CONCRETO CFE
- POSTE DE LUMINARIA
- POSTE TELECOMUNICACIONES
- POSTE SEMEX
- POZO DE VISITA
- POZO DE CFE
- ARBOL
- PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES
- SEÑALETICA

NOTAS GENERALES

1. Gestión con Autoridades: Antes de realizar cualquier movimiento, se deben coordinar las acciones con las empresas prestadoras de servicios (CFE, Telmex, etc.) para la desconexión o reubicación segura.
2. Demoliciones y Retiros: Se llevarán a cabo la demolición y el retiro de las instalaciones que no se conservarán, garantizando la limpieza del área.
3. Protección de Instalaciones: Si las instalaciones no serán removidas, se deben proteger adecuadamente para evitar daños durante la ejecución de la obra principal.
4. Señalización y Seguridad: El área de obra inducida debe estar debidamente señalizada para garantizar la seguridad del personal y del público, especialmente en zonas urbanas.
5. Reubicación de Líneas de Alta Tensión: En casos de viaductos, se gestiona la transición de líneas aéreas a subterráneas para liberar espacio.
6. Rellenos y Compactación: Los rellenos en zanjas de obras inducidas se realizarán con material de banco en capas no mayores a 20 cm, con un grado de compactación de al menos el 95% de su peso volumétrico seco máximo (PVSM).
7. Información en Planos: Todos los cambios en la infraestructura deben quedar documentados en los planos "as-built" .

NOMBRE DE LA EMPRESA:
MOTA-ENGIL

LOGO DE LA EMPRESA:
MOTA-ENGIL MÉXICO

DIRECCIÓN DE LA EMPRESA:
XXXXXXXXX XXXXXXXX XXXXXX

REPRESENTANTE LEGAL:	SUPERINTENDENTE:	PROYECTÓ:
ARQ/ING. PROF.:XXXXXXX	ARQ/ING. PROF.:XXXXXXX	ARQ/ING. PROF.:XXXXXXX

GOBIERNO DEL ESTADO DE TABASCO

TABASCO GOBIERNO DEL PUEBLO
OBRAS PÚBLICAS
SECRETARÍA DE ORDENAMIENTO TERRITORIAL Y OBRAS PÚBLICAS
MOVILIDAD
SECRETARÍA DE MOVILIDAD

PROYECTO:
PROYECTO INTEGRAL VILLAHERMOSA 2030
UBICACIÓN: PUENTE CARRIZAL
MUNICIPIO: CENTRO, TABASCO.

PLANO:
OBRAS INDUCIDAS PUENTE CARRIZAL

Vo. Bo.:
ARQ. DORIS DEL CARMEN IGLESIAS RAMÓN
DIRECTORA DE PROYECTOS DE LA SOTOP
CED. PROF.: 3386502

REVISÓ:
ING. LINCON DE JESÚS BELTRÁN OLÁN
COORDINADOR DE PROYECTO
CED. PROF.: 1755862

VALIDÓ:
ING. MERLIN CHABLE CANTÓN
RESIDENTE DE OBRA DE LA SOTOP
CED. PROF.: 4600435

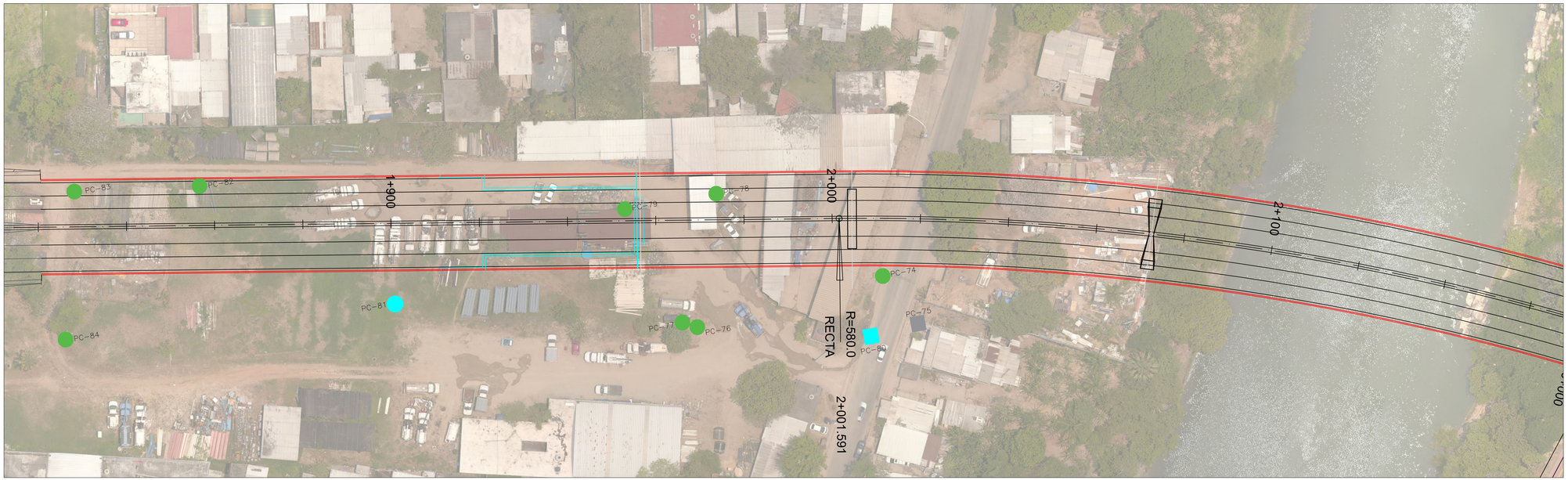
DIRECTOR RESPONSABLE DE OBRA
CORRESPONSABLE EN DISEÑO ARQUITECTONICO
CORRESPONSABLE EN SEGURIDAD ESTRUCTURAL
CORRESPONSABLE EN OBRA HIDRAULICA
UNIDAD VERIFICADORA EN INSTALACIONES ELECTRICAS

ACOTACIONES:
EN METROS

CLAVE DE PLANO:
260714_VSA_Puente C_Obras inducidas

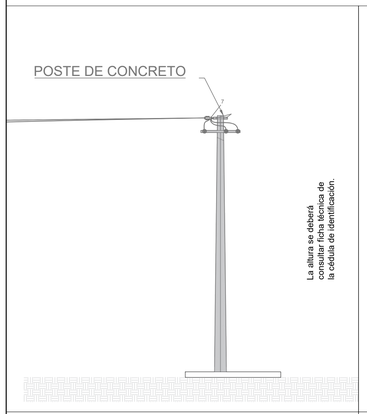
FECHA:
14/07/2026

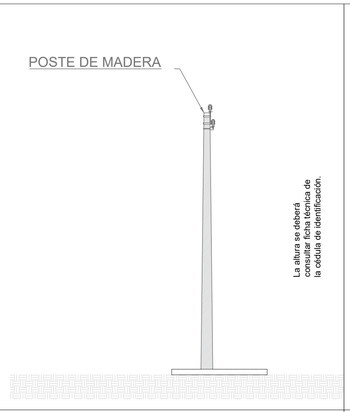
ESCALA:
I N D I C A D A



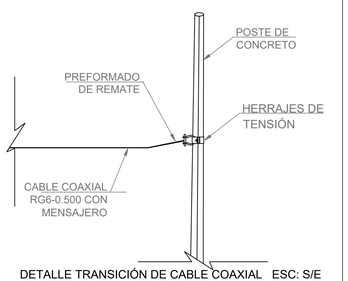
PLANTA TRAZADO PUENTE CARRIZAL ABS 1+820 - 2+168

ESCALA 1:500

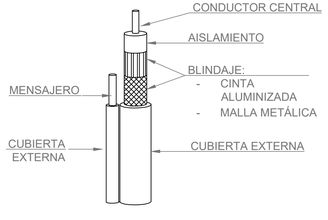




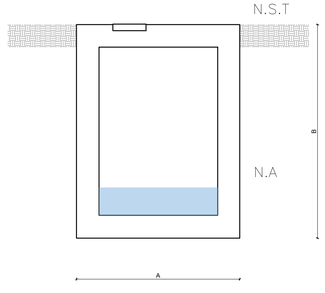




DETALLE TRANSICIÓN DE CABLE COAXIAL ESC: S/E



DETALLE DE COMPONENTES DE UN CABLE COAXIAL CON MENSAJERO ESC: S/E



DETALLE DE REGISTRO ESC: S/E

NOTAS PARA CABLEADO DE COMUNICACIONES:

1. Se deberá de validad la Ingeniería contenida en este proyecto con las áreas correspondientes del proveedor del sistema de cable. Es importante definir con este proveedor las características de los cables, ya que de ello depende la selección final de los accesorios y herrajes.
2. El diseño de reubicación de servicios afectados deberá de sujetarse bajo la norma NOM-01-SEDE-2012.
3. Para la realización del diseño de fibra óptica se deberá de verificar la información con el proveedor de cable.
4. El calibre del cable deberá de confirmarse con el proveedor del sistema de cable local.
5. El constructor deberá de tener el acercamiento con el proveedor de cable local para validar los trabajos de reubicación de infraestructura.
6. Se deberá de verificar si la transición de la línea de cable está en conjunto con alguna línea eléctrica o se apoya en alguna estructura aérea de algún otro proveedor de servicios.
7. Todos los trabajos estarán sujetos conforme a la Normativa correspondiente y acorde al tipo de instalación, respetando las distancias respecto a otras instalaciones y coordinándose con los otros subsistemas.
8. Para la verificación de los postes, incluyendo la altura, numero de líneas que cruzan y su ubicación georeferenciada mediante coordenadas UTM, se deberá consultar la cédula de identificación correspondiente:VSA-AP-T3-IND-FT-GEN-0001-00

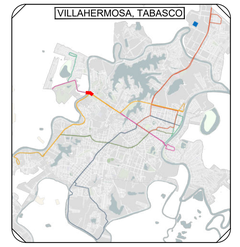
NOTAS PARA CFE:

1. Se deberá de validar la ingeniería contenida en este proyecto con las áreas correspondientes de CFE
2. El diseño de reubicación deberá de estar sujeta bajo las normas DCCIAMBT, DCCSSUBT y NOM--001-SEDE-2012
3. Se deberá de tomar como criterio colocar los postes en el límite del derecho de vía.
4. Todos los accesorios y herrajes deberán estar sujetos a cambios por la dependencia, el calibre del cable y el voltaje de la línea se deberá confirmar con CFE local.
5. Él constructor deberá tener acercamiento en todo momento con CFE para validar los trabajos a ejecutar y el termino de ellos.
6. Los materiales objeto de la reposición deberán contar con la normativa correspondiente.
7. Se deberá de verificar la tensión nominal con CFE para efectos de reubicación de la línea.
8. Se deberá de verificar si la transición de la línea de cable está en conjunto con alguna línea eléctrica o se apoya en alguna estructura aérea de algún otro proveedor de servicios.
9. Todos los trabajos estarán sujetos conforme a la Normativa correspondiente y acorde al tipo de instalación, respetando las distancias respecto a otras instalaciones y coordinándose con los otros subsistemas.
10. Para la verificación de los postes, incluyendo la altura, numero de líneas que cruzan y su ubicación georreferenciada mediante coordenadas UTM, se deberá consultar la cédula de identificación correspondiente:VSA-AP-T3-IND-FT-GEN-0001-00

NOTAS PARA REGISTROS:

1. Se deberá de validar la ingeniería contenida en el proyecto VH 2030 con las áreas correspondientes de Agua Potable y Drenaje
2. El diseño de reubicación deberá de estar sujeta bajo las normas de Conagua y NOM--001-SEDE-2012
3. Todos los accesorios y tuberias deberán estar sujetos a cambios por la dependencia, asi como diametros espesores, las obras de drenaje o escurrimiento se deberá confirmar con Agua Potable y Drenaje local.
4. Él constructor deberá tener acercamiento en todo momento con Agua Potable y Drenaje para validar los trabajos a ejecutar y el termino de ellos.
5. Los materiales objeto de la reposición deberán contar con la normativa correspondiente.
6. Todos los trabajos estarán sujetos conforme a la Normativa correspondiente y acorde al tipo de instalación, respetando las distancias respecto a otras instalaciones y coordinándose con los otros subsistemas.
7. Para la verificación de los registros, incluyendo los niveles de arrastre, dimensiones exteriores y su ubicación georreferenciada mediante coordenadas UTM, se deberá consultar la cédula de identificación correspondiente: VSA-AP-T3-IND-FT-GEN-0001-00

LOCALIZACIÓN:



Norte

SISTEMA DE COORDENADAS PROYECTADO
Coordenadas zona UTM 15N

SIMBOLOGÍA Y/O ESPECIFICACIONES:

- REGISTRO CFE
- REGISTRO PLUVIAL
- REGISTRO TELECOMUNICACIONES (TELMEX)
- TRANSFORMADOR CFE
- ACOMETIDA CFE
- REGISTRO CONAGUA
- REGISTRO LUMINICO
- PORTON/CASETA DE COBRO
- POSTE EXISTENTE DE CONCRETO CFE
- POSTE DE LUMINARIA
- POSTE TELECOMUNICACIONES
- POSTE SEMEX
- POZO DE VISITA
- POZO DE CFE
- ARBOL
- PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES
- SEÑALETICA

NOTAS GENERALES

1. Gestión con Autoridades: Antes de realizar cualquier movimiento, se deben coordinar las acciones con las empresas prestadoras de servicios (CFE, Telmex, etc.) para la desconexión o reubicación segura.
2. Demoliciones y Retiros: Se llevarán a cabo la demolición y el retiro de las instalaciones que no se conservarán, garantizando la limpieza del área.
3. Protección de Instalaciones: Si las instalaciones no serán removidas, se deben proteger adecuadamente para evitar daños durante la ejecución de la obra principal.
4. Señalización y Seguridad: El área de obra inducida debe estar debidamente señalizada para garantizar la seguridad del personal y del público, especialmente en zonas urbanas.
5. Reubicación de Líneas de Alta Tensión: En casos de viaductos, se gestiona la transición de líneas aéreas a subterráneas para liberar espacio.
6. Rellenos y Compactación: Los rellenos en zanjas de obras inducidas se realizarán con material de banco en capas no mayores a 20 cm, con un grado de compactación de al menos el 95% de su peso volumétrico seco máximo (PVSM).
7. Información en Planos: Todos los cambios en la infraestructura deben quedar documentados en los planos "as-built" .

NOMBRE DE LA EMPRESA:

MOTA-ENGIL

LOGO DE LA EMPRESA:

MOTAENGIL MÉXICO

DIRECCIÓN DE LA EMPRESA:

XXXXXXXXX XXXXXXXX XXXXXX

REPRESENTANTE LEGAL:	SUPERINTENDENTE:	PROYECTO:
ARQ/ING. PROF. XXXXXXX	ARQ/ING. PROF. XXXXXXX	ARQ/ING. PROF. XXXXXXX

GOBIERNO DEL ESTADO DE TABASCO

TABASCO GOBIERNO DEL PUEBLO | OBRAS PÚBLICAS SECRETARÍA DE ORDENAMIENTO TERRITORIAL Y OBRAS PÚBLICAS | MOVILIDAD SECRETARÍA DE MOVILIDAD

PROYECTO:

PROYECTO INTEGRAL VILLAHERMOSA 2030

UBICACIÓN: PUENTE CARRIZAL — MUNICIPIO: CENTRO, TABASCO.

PLANO:

OBRAS INDUCIDAS PUENTE CARRIZAL

Vo. Bo.:

ARQ. DORIS DEL CARMEN IGLESIAS RAMÓN
DIRECTORA DE PROYECTOS DE LA SOTOP
CED. PROF.: 3366502

REVISÓ:

ING. LINCON DE JESÚS BELTRÁN OLÁN
COORDINADOR DE PROYECTO
CED. PROF.: 1759862

VALIDÓ:

ING. MERLIN CHABLE CANTÓN
RESIDENTE DE OBRA DE LA SOTOP
CED. PROF.: 4600435

DIRECTOR RESPONSABLE DE OBRA

CORRESPONSABLE EN DISEÑO ARQUITECTONICO

CORRESPONSABLE EN SEGURIDAD ESTRUCTURAL

CORRESPONSABLE EN OBRA HIDRAULICA

UNIDAD VERIFICADORA EN INSTALACIONES ELECTRICAS

CLAVE DE PLANO:

260714_VSA_Puente C_Obras inducidas

FECHA:

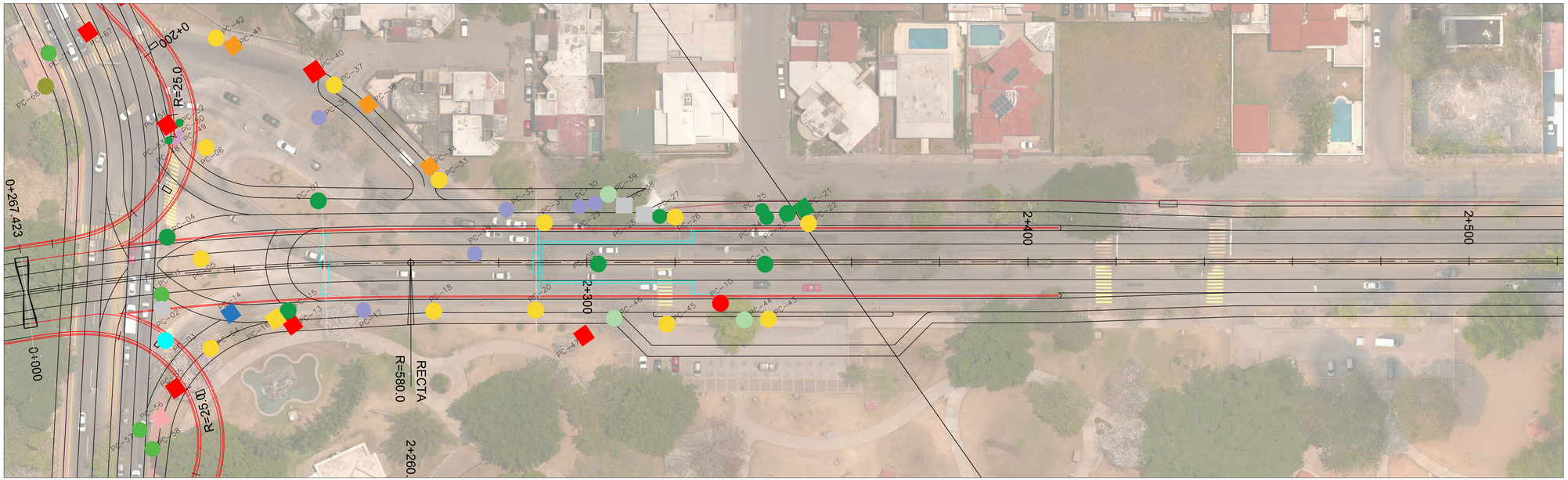
14/07/2026

ACOTACIONES:

EN METROS

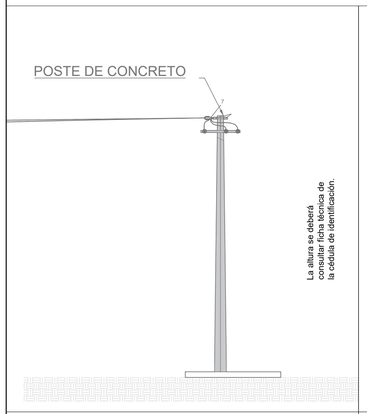
ESCALA:

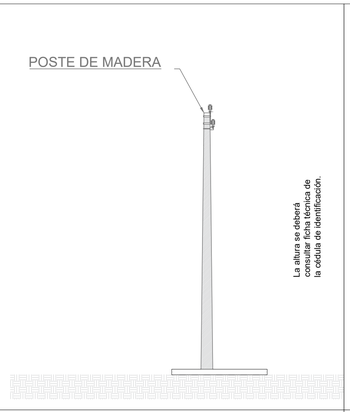
INDICADA



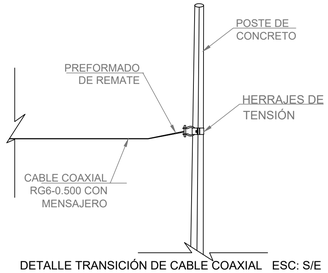
PLANTA TRAZADO PUENTE CARRIZAL ABS 2+168 - 2+407

ESCALA 1:500

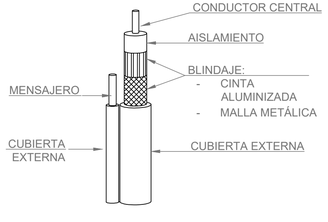




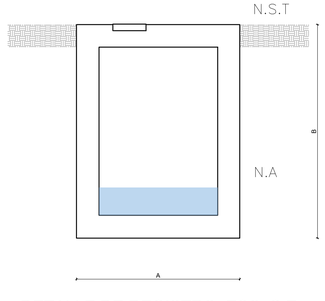




DETALLE TRANSICIÓN DE CABLE COAXIAL ESC: S/E



DETALLE DE COMPONENTES DE UN CABLE COAXIAL CON MENSAJERO ESC: S/E



DETALLE DE REGISTRO ESC: S/E

NOTAS PARA CABLEADO DE COMUNICACIONES:

1. Se deberá de validad la Ingeniería contenida en este proyecto con las áreas correspondientes del proveedor del sistema de cable. Es importante definir con este proveedor las características de los cables, ya que de ello depende la selección final de los accesorios y herrajes.
2. El diseño de reubicación de servicios afectados deberá de sujetarse bajo la norma NOM-01-SEDE-2012.
3. Para la realización del diseño de fibra óptica se deberá de verificar la información con el proveedor de cable.
4. El calibre del cable deberá de confirmarse con el proveedor del sistema de cable local.
5. El constructor deberá de tener el acercamiento con el proveedor de cable local para validar los trabajos de reubicación de infraestructura.
6. Se deberá de verificar si la transición de la línea de cable está en conjunto con alguna línea eléctrica o se apoya en alguna estructura aérea de algún otro proveedor de servicios.
7. Todos los trabajos estarán sujetos conforme a la Normativa correspondiente y acorde al tipo de instalación, respetando las distancias respecto a otras instalaciones y coordinándose con los otros subsistemas.
8. Para la verificación de los postes, incluyendo la altura, numero de líneas que cruzan y su ubicación georeferenciada mediante coordenadas UTM, se deberá consultar la cédula de identificación correspondiente:VSA-AP-T3-IND-FT-GEN-0001-00

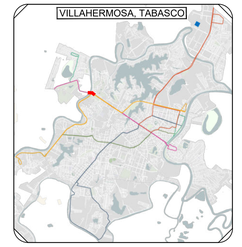
NOTAS PARA CFE:

1. Se deberá de validar la ingeniería contenida en este proyecto con las áreas correspondientes de CFE
2. El diseño de reubicación deberá de estar sujeta bajo las normas DCCIAMBT, DCCSSUBT y NOM--001-SEDE-2012
3. Se deberá de tomar como criterio colocar los postes en el límite del derecho de vía.
4. Todos los accesorios y herrajes deberán estar sujetos a cambios por la dependencia, el calibre del cable y el voltaje de la línea se deberá confirmar con CFE local.
5. Él constructor deberá tener acercamiento en todo momento con CFE para validar los trabajos a ejecutar y el termino de ellos.
6. Los materiales objeto de la reposición deberán contar con la normativa correspondiente.
7. Se deberá de verificar la tensión nominal con CFE para efectos de reubicación de la línea.
8. Se deberá de verificar si la transición de la línea de cable está en conjunto con alguna línea eléctrica o se apoya en alguna estructura aérea de algún otro proveedor de servicios.
9. Todos los trabajos estarán sujetos conforme a la Normativa correspondiente y acorde al tipo de instalación, respetando las distancias respecto a otras instalaciones y coordinándose con los otros subsistemas.
10. Para la verificación de los postes, incluyendo la altura, numero de líneas que cruzan y su ubicación georreferenciada mediante coordenadas UTM, se deberá consultar la cédula de identificación correspondiente:VSA-AP-T3-IND-FT-GEN-0001-00

NOTAS PARA REGISTROS:

1. Se deberá de validar la ingeniería contenida en el proyecto VH 2030 con las áreas correspondientes de Agua Potable y Drenaje
2. El diseño de reubicación deberá de estar sujeta bajo las normas de Conagua y NOM--001-SEDE-2012
3. Todos los accesorios y tuberias deberán estar sujetos a cambios por la dependencia, asi como diametros espesores, las obras de drenaje o escurrimiento se deberá confirmar con Agua Potable y Drenaje local.
4. Él constructor deberá tener acercamiento en todo momento con Agua Potable y Drenaje para validar los trabajos a ejecutar y el termino de ellos.
5. Los materiales objeto de la reposición deberán contar con la normativa correspondiente.
6. Todos los trabajos estarán sujetos conforme a la Normativa correspondiente y acorde al tipo de instalación, respetando las distancias respecto a otras instalaciones y coordinándose con los otros subsistemas.
7. Para la verificación de los registros, incluyendo los niveles de arrastre, dimensiones exteriores y su ubicación georreferenciada mediante coordenadas UTM, se deberá consultar la cédula de identificación correspondiente: VSA-AP-T3-IND-FT-GEN-0001-00

LOCALIZACIÓN:



Norte

SISTEMA DE COORDENADAS PROYECTADO
Coordenadas zona UTM 15N

SIMBOLOGÍA Y/O ESPECIFICACIONES:

- REGISTRO CFE
- REGISTRO PLUVIAL
- REGISTRO TELECOMUNICACIONES (TELMEX)
- TRANSFORMADOR CFE
- ACOMETIDA CFE
- REGISTRO CONAGUA
- REGISTRO LUMINICO
- PORTON/CASETA DE COBRO
- POSTE EXISTENTE DE CONCRETO CFE
- POSTE DE LUMINARIA
- POSTE TELECOMUNICACIONES
- POSTE SEMEX
- POZO DE VISITA
- POZO DE CFE
- ARBOL
- PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES
- SEÑALETICA

NOTAS GENERALES

1. Gestión con Autoridades: Antes de realizar cualquier movimiento, se deben coordinar las acciones con las empresas prestadoras de servicios (CFE, Telmex, etc.) para la desconexión o reubicación segura.
2. Demoliciones y Retiros: Se llevarán a cabo la demolición y el retiro de las instalaciones que no se conservarán, garantizando la limpieza del área.
3. Protección de Instalaciones: Si las instalaciones no serán removidas, se deben proteger adecuadamente para evitar daños durante la ejecución de la obra principal.
4. Señalización y Seguridad: El área de obra inducida debe estar debidamente señalizada para garantizar la seguridad del personal y del público, especialmente en zonas urbanas.
5. Reubicación de Líneas de Alta Tensión: En casos de viaductos, se gestiona la transición de líneas aéreas a subterráneas para liberar espacio.
6. Rellenos y Compactación: Los rellenos en zanjas de obras inducidas se realizarán con material de banco en capas no mayores a 20 cm, con un grado de compactación de al menos el 95% de su peso volumétrico seco máximo (PVSM).
7. Información en Planos: Todos los cambios en la infraestructura deben quedar documentados en los planos "as-built" .

NOMBRE DE LA EMPRESA:

MOTA-ENGIL

LOGO DE LA EMPRESA:

MOTAENGIL MÉXICO

DIRECCIÓN DE LA EMPRESA:

XXXXXXXXX XXXXXXXX XXXXXX

REPRESENTANTE LEGAL:	SUPERINTENDENTE:	PROYECTO:
ARQ/ING. PROF. XXXXXXX	ARQ/ING. PROF. XXXXXXX	ARQ/ING. PROF. XXXXXXX

GOBIERNO DEL ESTADO DE TABASCO

TABASCO GOBIERNO DEL PUEBLO | OBRAS PÚBLICAS SECRETARÍA DE ORDENAMIENTO TERRITORIAL Y OBRAS PÚBLICAS | MOVILIDAD SECRETARÍA DE MOVILIDAD

PROYECTO:

PROYECTO INTEGRAL VILLAHERMOSA 2030

UBICACIÓN: PUENTE CARRIZAL — MUNICIPIO: CENTRO, TABASCO.

PLANO:

OBRAS INDUCIDAS PUENTE CARRIZAL

Vo. Bo.:
ARQ. DORIS DEL CARMEN IGLESIAS RAMÓN
DIRECTORA DE PROYECTOS DE LA SOTOP
CED. PROF.: 3366502

REVISÓ:
ING. LINCON DE JESÚS BELTRÁN OLÁN
COORDINADOR DE PROYECTO
CED. PROF.: 1759862

VALIDÓ:
ING. MERLIN CHABLE CANTÓN
RESIDENTE DE OBRA DE LA SOTOP
CED. PROF.: 4600435

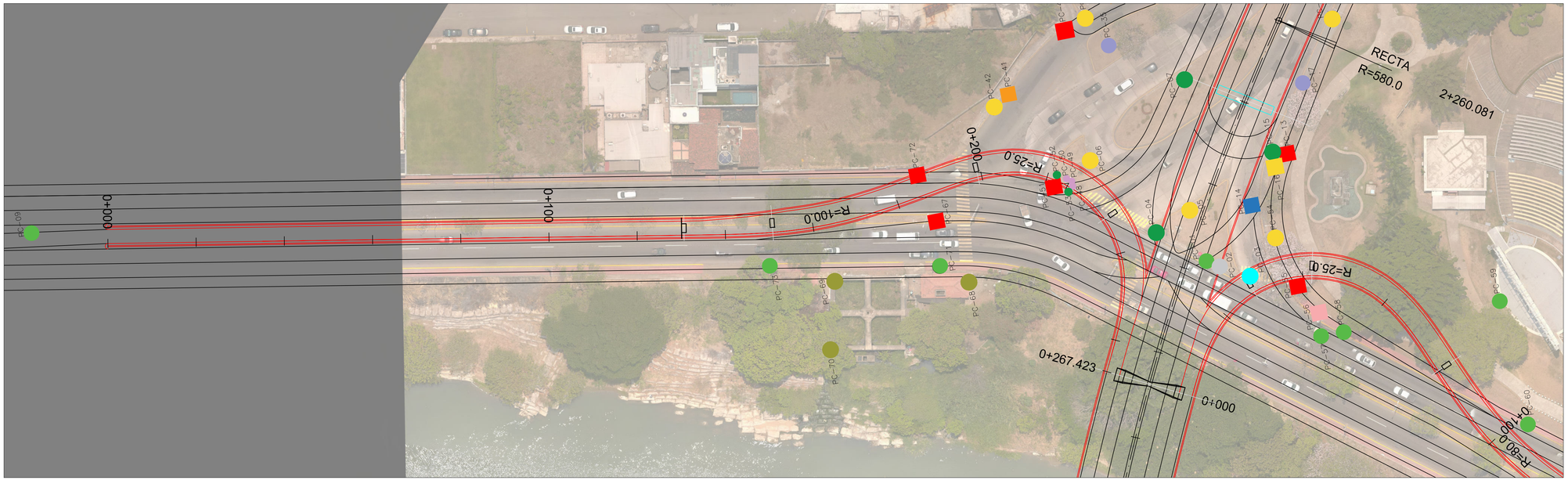
DIRECTOR RESPONSABLE DE OBRA
CORRESPONSABLE EN DISEÑO ARQUITECTONICO
CORRESPONSABLE EN SEGURIDAD ESTRUCTURAL
CORRESPONSABLE EN OBRA HIDRAULICA
UNIDAD VERIFICADORA EN INSTALACIONES ELECTRICAS

CLAVE DE PLANO:
260714_VSA_Puente C_Obras inducidas

FECHA:
14/07/2026

ACOTACIONES:
EN METROS

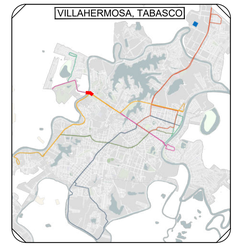
ESCALA:
INDICADA



PLANTA TRAZADO RAMAL NORTE ABS 0+000 - 0+267

ESCALA 1:500

LOCALIZACIÓN:



Norte

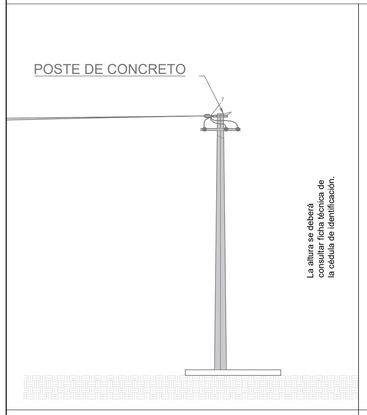
SISTEMA DE COORDENADAS PROYECTADO
Coordenadas zona UTM 15N

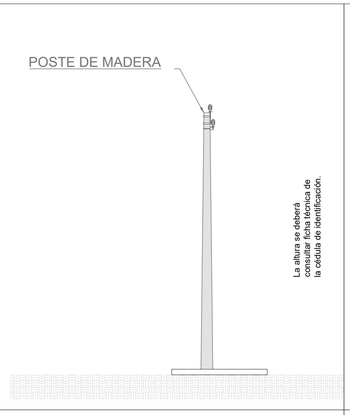
SIMBOLOGÍA Y/O ESPECIFICACIONES:

- REGISTRO CFE
- REGISTRO PLUVIAL
- REGISTRO TELECOMUNICACIONES (TELMEX)
- TRANSFORMADOR CFE
- ACOMETIDA CFE
- REGISTRO CONAGUA
- REGISTRO LUMINICO
- PORTON/CASETA DE COBRO
- POSTE EXISTENTE DE CONCRETO CFE
- POSTE DE LUMINARIA
- POSTE TELECOMUNICACIONES
- POSTE SEMEX
- POZO DE VISITA
- POZO DE CFE
- ARBOL
- PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES
- SEÑALETICA

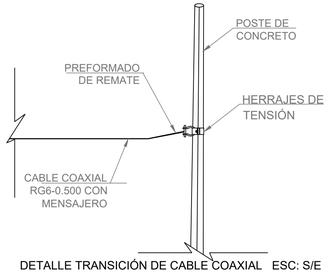
NOTAS GENERALES

1. Gestión con Autoridades: Antes de realizar cualquier movimiento, se deben coordinar las acciones con las empresas prestadoras de servicios (CFE, Telmex, etc.) para la desconexión o reubicación segura.
2. Demoliciones y Retiros: Se llevarán a cabo la demolición y el retiro de las instalaciones que no se conservarán, garantizando la limpieza del área.
3. Protección de Instalaciones: Si las instalaciones no serán removidas, se deben proteger adecuadamente para evitar daños durante la ejecución de la obra principal.
4. Señalización y Seguridad: El área de obra inducida debe estar debidamente señalizada para garantizar la seguridad del personal y del público, especialmente en zonas urbanas.
5. Reubicación de Líneas de Alta Tensión: En casos de viaductos, se gestiona la transición de líneas aéreas a subterráneas para liberar espacio.
6. Rellenos y Compactación: Los rellenos en zanjas de obras inducidas se realizarán con material de banco en capas no mayores a 20 cm, con un grado de compactación de al menos el 95% de su peso volumétrico seco máximo (PVSM).
7. Información en Planos: Todos los cambios en la infraestructura deben quedar documentados en los planos "as-built" .

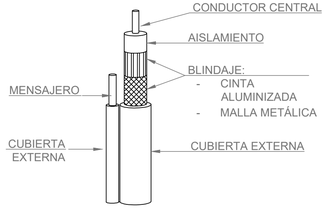




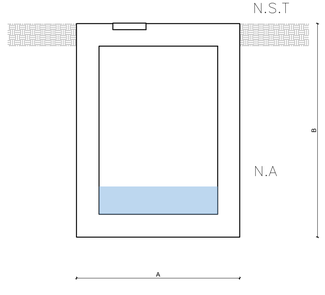




DETALLE TRANSICIÓN DE CABLE COAXIAL ESC: S/E



DETALLE DE COMPONENTES DE UN CABLE COAXIAL CON MENSAJERO ESC: S/E



DETALLE DE REGISTRO ESC: S/E

NOTAS PARA CABLEADO DE COMUNICACIONES:

1. Se deberá de validad la Ingeniería contenida en este proyecto con las áreas correspondientes del proveedor del sistema de cable. Es importante definir con este proveedor las características de los cables, ya que de ello depende la selección final de los accesorios y herrajes.
2. El diseño de reubicación de servicios afectados deberá de sujetarse bajo la norma NOM-01-SEDE-2012.
3. Para la realización del diseño de fibra óptica se deberá de verificar la información con el proveedor de cable.
4. El calibre del cable deberá de confirmarse con el proveedor del sistema de cable local.
5. El constructor deberá de tener el acercamiento con el proveedor de cable local para validar los trabajos de reubicación de infraestructura.
6. Se deberá de verificar si la transición de la línea de cable está en conjunto con alguna línea eléctrica o se apoya en alguna estructura aérea de algún otro proveedor de servicios.
7. Todos los trabajos estarán sujetos conforme a la Normativa correspondiente y acorde al tipo de instalación, respetando las distancias respecto a otras instalaciones y coordinándose con los otros subsistemas.
8. Para la verificación de los postes, incluyendo la altura, numero de líneas que cruzan y su ubicación georeferenciada mediante coordenadas UTM, se deberá consultar la cédula de identificación correspondiente:VSA-AP-T3-IND-FT-GEN-0001-00

NOTAS PARA CFE:

1. Se deberá de validar la ingeniería contenida en este proyecto con las áreas correspondientes de CFE
2. El diseño de reubicación deberá de estar sujeta bajo las normas DCCIAMBT, DCCSSUBT y NOM--001-SEDE-2012
3. Se deberá de tomar como criterio colocar los postes en el límite del derecho de vía.
4. Todos los accesorios y herrajes deberán estar sujetos a cambios por la dependencia, el calibre del cable y el voltaje de la línea se deberá confirmar con CFE local.
5. Él constructor deberá tener acercamiento en todo momento con CFE para validar los trabajos a ejecutar y el termino de ellos.
6. Los materiales objeto de la reposición deberán contar con la normativa correspondiente.
7. Se deberá de verificar la tensión nominal con CFE para efectos de reubicación de la línea.
8. Se deberá de verificar si la transición de la línea de cable está en conjunto con alguna línea eléctrica o se apoya en alguna estructura aérea de algún otro proveedor de servicios.
9. Todos los trabajos estarán sujetos conforme a la Normativa correspondiente y acorde al tipo de instalación, respetando las distancias respecto a otras instalaciones y coordinándose con los otros subsistemas.
10. Para la verificación de los postes, incluyendo la altura, numero de líneas que cruzan y su ubicación georreferenciada mediante coordenadas UTM, se deberá consultar la cédula de identificación correspondiente:VSA-AP-T3-IND-FT-GEN-0001-00

NOTAS PARA REGISTROS:

1. Se deberá de validar la ingeniería contenida en el proyecto VH 2030 con las áreas correspondientes de Agua Potable y Drenaje
2. El diseño de reubicación deberá de estar sujeta bajo las normas de Conagua y NOM--001-SEDE-2012
3. Todos los accesorios y tuberias deberán estar sujetos a cambios por la dependencia, asi como diametros espesores, las obras de drenaje o escurrimiento se deberá confirmar con Agua Potable y Drenaje local.
4. Él constructor deberá tener acercamiento en todo momento con Agua Potable y Drenaje para validar los trabajos a ejecutar y el termino de ellos.
5. Los materiales objeto de la reposición deberán contar con la normativa correspondiente.
6. Todos los trabajos estarán sujetos conforme a la Normativa correspondiente y acorde al tipo de instalación, respetando las distancias respecto a otras instalaciones y coordinándose con los otros subsistemas.
7. Para la verificación de los registros, incluyendo los niveles de arrastre, dimensiones exteriores y su ubicación georreferenciada mediante coordenadas UTM, se deberá consultar la cédula de identificación correspondiente: VSA-AP-T3-IND-FT-GEN-0001-00

NOMBRE DE LA EMPRESA:
MOTA-ENGIL

LOGO DE LA EMPRESA:
MOTAENGIL MÉXICO

DIRECCIÓN DE LA EMPRESA:
XXXXXXXXX XXXXXXXX XXXXXX

REPRESENTANTE LEGAL:	SUPERINTENDENTE:	PROYECTO:
ARQ/ING. PROF. XXXXXXX	ARQ/ING. PROF. XXXXXXX	ARQ/ING. PROF. XXXXXXX

GOBIERNO DEL ESTADO DE TABASCO

TABASCO GOBIERNO DEL PUEBLO | OBRAS PÚBLICAS SECRETARÍA DE ORDENAMIENTO TERRITORIAL Y OBRAS PÚBLICAS | MOVILIDAD SECRETARÍA DE MOVILIDAD

PROYECTO:
PROYECTO INTEGRAL VILLAHERMOSA 2030

UBICACIÓN: PUENTE CARRIZAL — MUNICIPIO: CENTRO, TABASCO.

PLANO:
OBRAS INDUCIDAS PUENTE CARRIZAL

Vo. Bo.:
ARQ. DORIS DEL CARMEN IGLESIAS RAMÓN
DIRECTORA DE PROYECTOS DE LA SOTOP
CED. PROF.: 3366502

REVISÓ:
ING. LINCON DE JESÚS BELTRÁN OLÁN
COORDINADOR DE PROYECTO
CED. PROF.: 1759862

VALIDÓ:
ING. MERLIN CHABLE CANTÓN
RESIDENTE DE OBRA DE LA SOTOP
CED. PROF.: 4600435

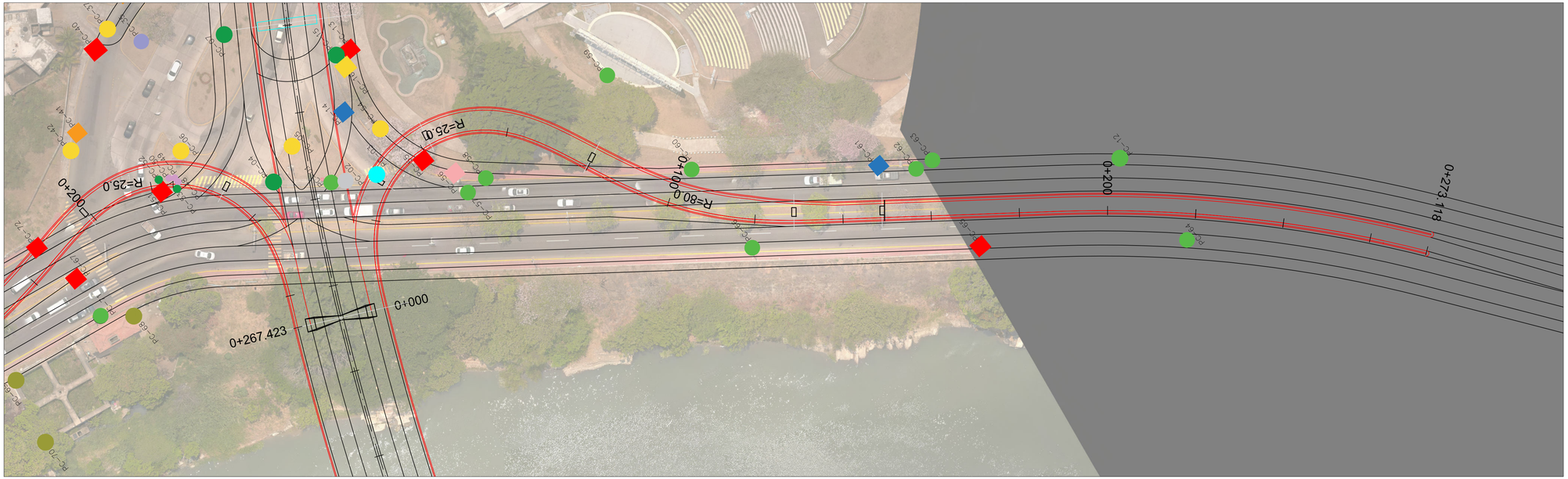
DIRECTOR RESPONSABLE DE OBRA
CORRESPONSABLE EN DISEÑO ARQUITECTONICO
CORRESPONSABLE EN SEGURIDAD ESTRUCTURAL
CORRESPONSABLE EN OBRA HIDRAULICA
UNIDAD VERIFICADORA EN INSTALACIONES ELECTRICAS

CLAVE DE PLANO:
260714_VSA_Puente C_Obras inducidas

FECHA:
14/07/2026

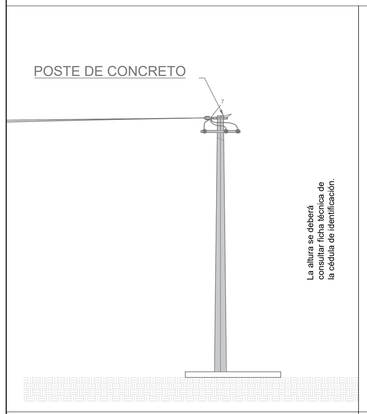
ACOTACIONES:
EN METROS

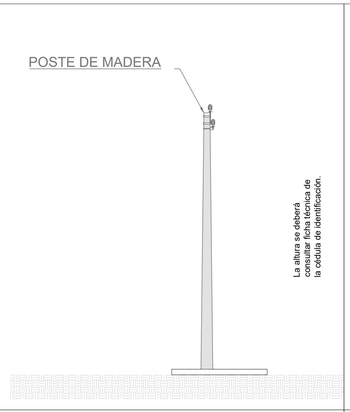
ESCALA:
INDICADA



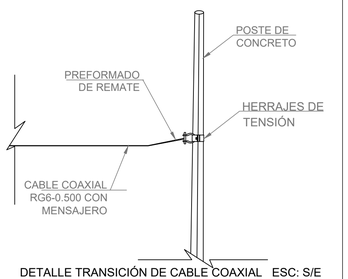
PLANTA TRAZADO RAMAL SUR ABS 0+000 - 0+273

ESCALA 1:500

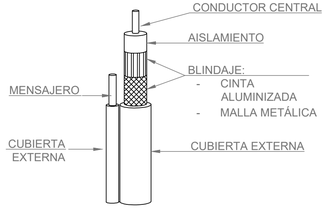




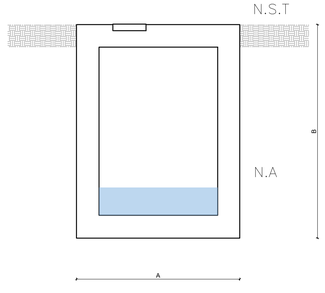




DETALLE TRANSICIÓN DE CABLE COAXIAL ESC: S/E



DETALLE DE COMPONENTES DE UN CABLE COAXIAL CON MENSAJERO ESC: S/E



DETALLE DE REGISTRO ESC: S/E

NOTAS PARA CABLEADO DE COMUNICACIONES:

1. Se deberá de validad la Ingeniería contenida en este proyecto con las áreas correspondientes del proveedor del sistema de cable. Es importante definir con este proveedor las características de los cables, ya que de ello depende la selección final de los accesorios y herrajes.
2. El diseño de reubicación de servicios afectados deberá de sujetarse bajo la norma NOM-01-SEDE-2012.
3. Para la realización del diseño de fibra óptica se deberá de verificar la información con el proveedor de cable.
4. El calibre del cable deberá de confirmarse con el proveedor del sistema de cable local.
5. El constructor deberá de tener el acercamiento con el proveedor de cable local para validar los trabajos de reubicación de infraestructura.
6. Se deberá de verificar si la transición de la línea de cable está en conjunto con alguna línea eléctrica o se apoya en alguna estructura aérea de algún otro proveedor de servicios.
7. Todos los trabajos estarán sujetos conforme a la Normativa correspondiente y acorde al tipo de instalación, respetando las distancias respecto a otras instalaciones y coordinándose con los otros subsistemas.
8. Para la verificación de los postes, incluyendo la altura, numero de líneas que cruzan y su ubicación georeferenciada mediante coordenadas UTM, se deberá consultar la cédula de identificación correspondiente:VSA-AP-T3-IND-FT-GEN-0001-00

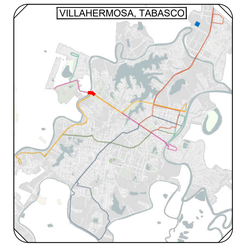
NOTAS PARA CFE:

1. Se deberá de validar la ingeniería contenida en este proyecto con las áreas correspondientes de CFE
2. El diseño de reubicación deberá de estar sujeta bajo las normas DCCIAMBT, DCCSSUBT y NOM--001-SEDE-2012
3. Se deberá de tomar como criterio colocar los postes en el límite del derecho de vía.
4. Todos los accesorios y herrajes deberán estar sujetos a cambios por la dependencia, el calibre del cable y el voltaje de la línea se deberá confirmar con CFE local.
5. Él constructor deberá tener acercamiento en todo momento con CFE para validar los trabajos a ejecutar y el termino de ellos.
6. Los materiales objeto de la reposición deberán contar con la normativa correspondiente.
7. Se deberá de verificar la tensión nominal con CFE para efectos de reubicación de la línea.
8. Se deberá de verificar si la transición de la línea de cable está en conjunto con alguna línea eléctrica o se apoya en alguna estructura aérea de algún otro proveedor de servicios.
9. Todos los trabajos estarán sujetos conforme a la Normativa correspondiente y acorde al tipo de instalación, respetando las distancias respecto a otras instalaciones y coordinándose con los otros subsistemas.
10. Para la verificación de los postes, incluyendo la altura, numero de líneas que cruzan y su ubicación georreferenciada mediante coordenadas UTM, se deberá consultar la cédula de identificación correspondiente:VSA-AP-T3-IND-FT-GEN-0001-00

NOTAS PARA REGISTROS:

1. Se deberá de validar la ingeniería contenida en el proyecto VH 2030 con las áreas correspondientes de Agua Potable y Drenaje
2. El diseño de reubicación deberá de estar sujeta bajo las normas de Conagua y NOM--001-SEDE-2012
3. Todos los accesorios y tuberias deberán estar sujetos a cambios por la dependencia, asi como diametros espesores, las obras de drenaje o escurrimiento se deberá confirmar con Agua Potable y Drenaje local.
4. Él constructor deberá tener acercamiento en todo momento con Agua Potable y Drenaje para validar los trabajos a ejecutar y el termino de ellos.
5. Los materiales objeto de la reposición deberán contar con la normativa correspondiente.
6. Todos los trabajos estarán sujetos conforme a la Normativa correspondiente y acorde al tipo de instalación, respetando las distancias respecto a otras instalaciones y coordinándose con los otros subsistemas.
7. Para la verificación de los registros, incluyendo los niveles de arrastre, dimensiones exteriores y su ubicación georreferenciada mediante coordenadas UTM, se deberá consultar la cédula de identificación correspondiente: VSA-AP-T3-IND-FT-GEN-0001-00

LOCALIZACIÓN:



Norte

SISTEMA DE COORDENADAS PROYECTADO
Coordenadas zona UTM 15N

SIMBOLOGÍA Y/O ESPECIFICACIONES:

- REGISTRO CFE
- REGISTRO PLUVIAL
- REGISTRO TELECOMUNICACIONES (TELMEX)
- TRANSFORMADOR CFE
- ACOMETIDA CFE
- REGISTRO CONAGUA
- REGISTRO LUMINICO
- PORTON/CASETA DE COBRO
- POSTE EXISTENTE DE CONCRETO CFE
- POSTE DE LUMINARIA
- POSTE TELECOMUNICACIONES
- POSTE SEMEX
- POZO DE VISITA
- POZO DE CFE
- ARBOL
- PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES
- SEÑALETICA

NOTAS GENERALES

1. Gestión con Autoridades: Antes de realizar cualquier movimiento, se deben coordinar las acciones con las empresas prestadoras de servicios (CFE, Telmex, etc.) para la desconexión o reubicación segura.
2. Demoliciones y Retiros: Se llevarán a cabo la demolición y el retiro de las instalaciones que no se conservarán, garantizando la limpieza del área.
3. Protección de Instalaciones: Si las instalaciones no serán removidas, se deben proteger adecuadamente para evitar daños durante la ejecución de la obra principal.
4. Señalización y Seguridad: El área de obra inducida debe estar debidamente señalizada para garantizar la seguridad del personal y del público, especialmente en zonas urbanas.
5. Reubicación de Líneas de Alta Tensión: En casos de viaductos, se gestiona la transición de líneas aéreas a subterráneas para liberar espacio.
6. Rellenos y Compactación: Los rellenos en zanjas de obras inducidas se realizarán con material de banco en capas no mayores a 20 cm, con un grado de compactación de al menos el 95% de su peso volumétrico seco máximo (PVSM).
7. Información en Planos: Todos los cambios en la infraestructura deben quedar documentados en los planos "as-built" .

NOMBRE DE LA EMPRESA:

MOTA-ENGIL

LOGO DE LA EMPRESA:

MOTAENGIL MÉXICO

DIRECCIÓN DE LA EMPRESA:

XXXXXXXXX XXXXXXXX XXXXXX

REPRESENTANTE LEGAL:	SUPERINTENDENTE:	PROYECTO:
ARQ/ING. PROF. XXXXXXX	ARQ/ING. PROF. XXXXXXX	ARQ/ING. PROF. XXXXXXX

GOBIERNO DEL ESTADO DE TABASCO

TABASCO GOBIERNO DEL PUEBLO | OBRAS PÚBLICAS SECRETARÍA DE ORDENAMIENTO TERRITORIAL Y OBRAS PÚBLICAS | MOVILIDAD SECRETARÍA DE MOVILIDAD

PROYECTO:

PROYECTO INTEGRAL VILLAHERMOSA 2030

UBICACIÓN: PUENTE CARRIZAL — MUNICIPIO: CENTRO, TABASCO.

PLANO:

OBRAS INDUCIDAS PUENTE CARRIZAL

Vo. Bo.:

ARQ. DORIS DEL CARMEN IGLESIAS RAMÓN
DIRECTORA DE PROYECTOS DE LA SOTOP
CED. PROF.: 3366502

REVISÓ:

ING. LINCON DE JESÚS BELTRÁN OLÁN
COORDINADOR DE PROYECTO
CED. PROF.: 1759862

VALIDÓ:

ING. MERLIN CHABLE CANTÓN
RESIDENTE DE OBRA DE LA SOTOP
CED. PROF.: 4600435

DIRECTOR RESPONSABLE DE OBRA

CORRESPONSABLE EN DISEÑO ARQUITECTONICO

CORRESPONSABLE EN SEGURIDAD ESTRUCTURAL

CORRESPONSABLE EN OBRA HIDRAULICA

UNIDAD VERIFICADORA EN INSTALACIONES ELECTRICAS

CLAVE DE PLANO:

260714_VSA_Puente C_Obras inducidas

FECHA:

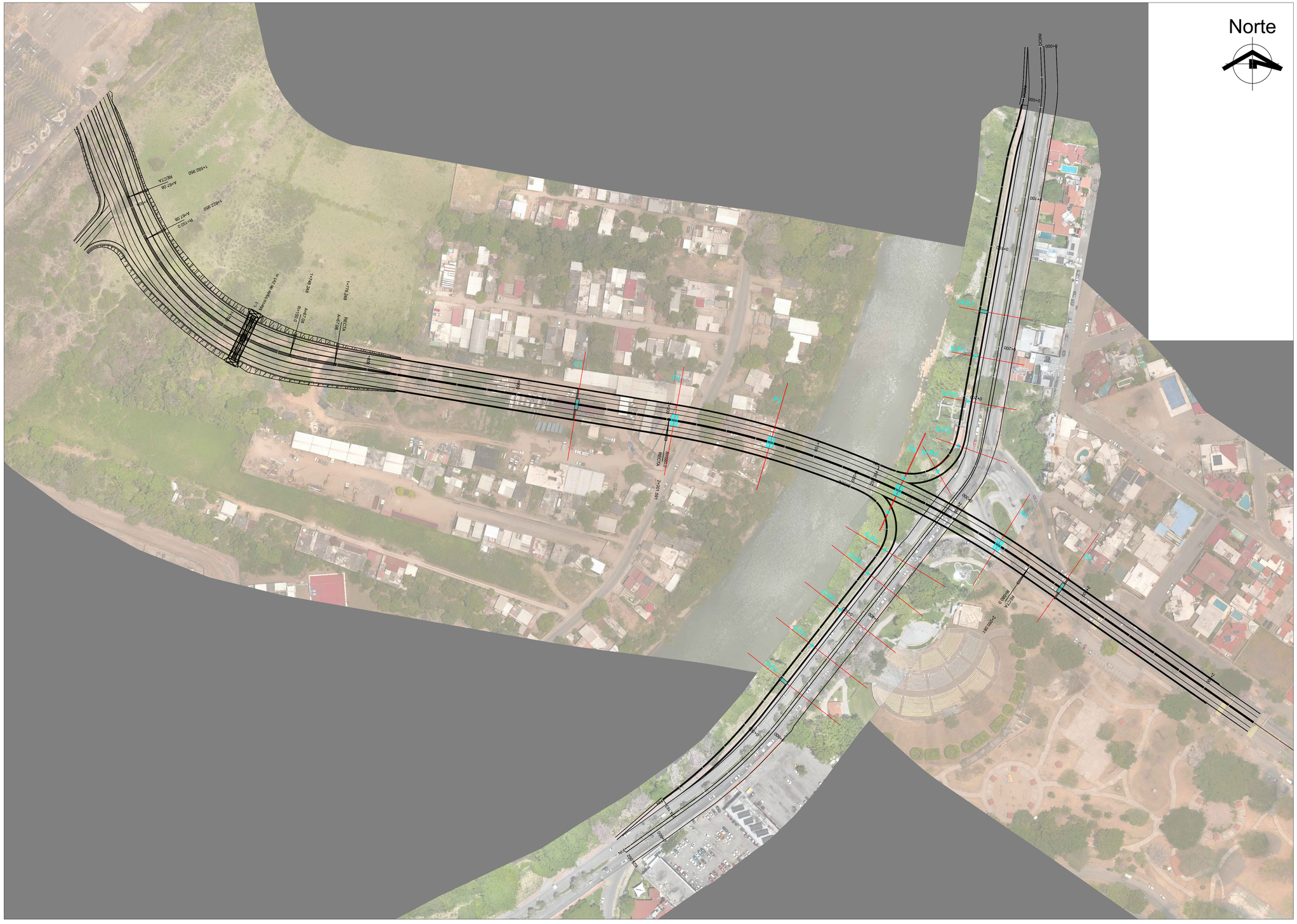
14/07/2026

ACOTACIONES:

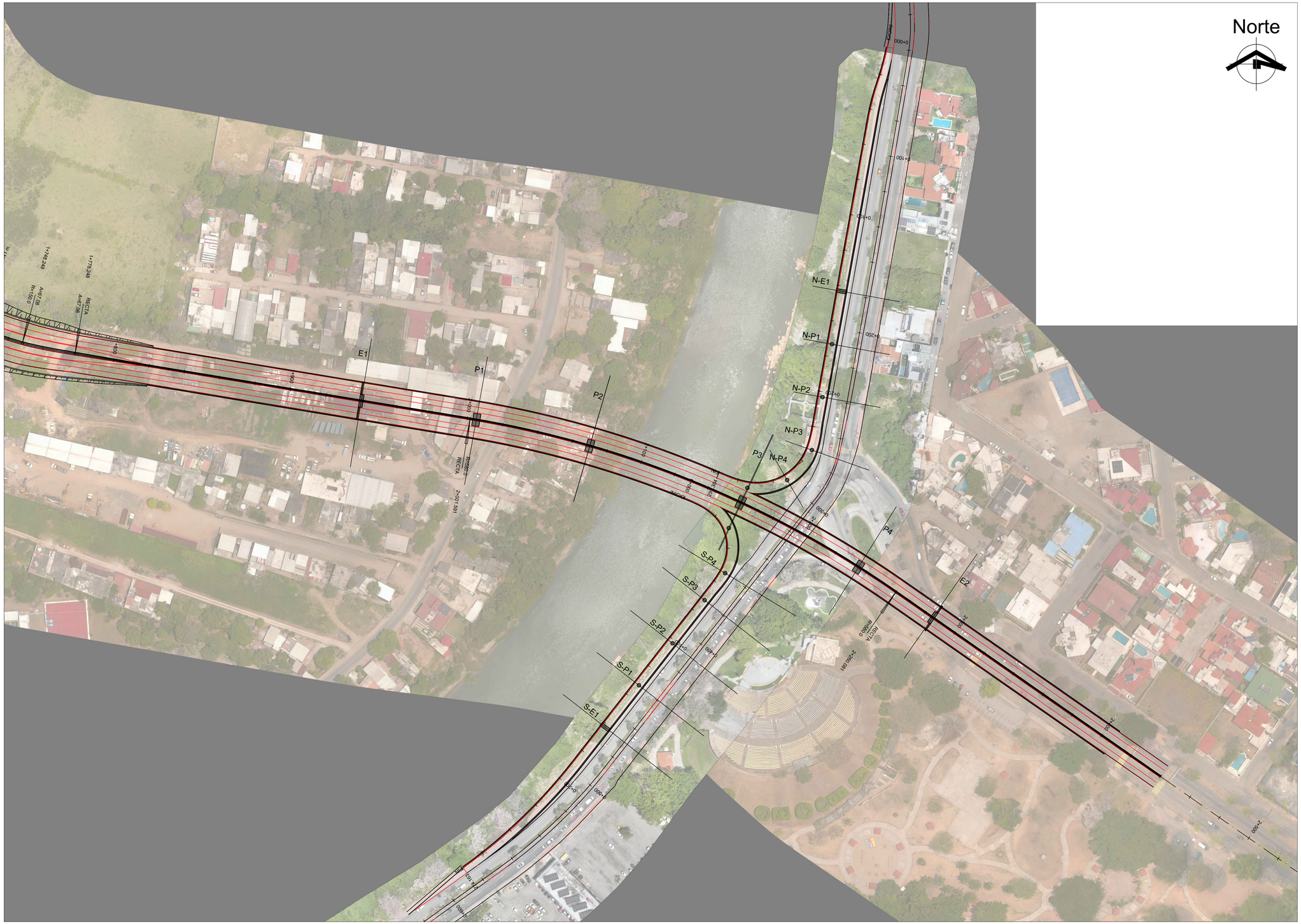
EN METROS

ESCALA:

INDICADA


Norte
RECTA
RECTA
RECTA

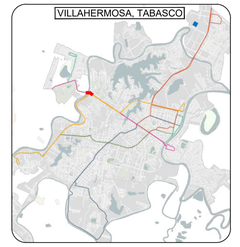

Norte
CUADRO DE CONSTRUCCION
LADO EST PV RUMBO DISTANCIA V COORDENADAS Y X
35 1,991,101.8496 504,292.8722
35 36 N 42°38'31.69" E 34.191 36 1,991,127.0007 504,316.0340
36 37 S 21°57'01.82" E 42.379 37 1,991,087.6937 504,331.8755
37 38 S 18°49'19.46" E 22.873 38 1,991,066.0442 504,339.2549
38 39 S 26°25'24.10" E 32.411 39 1,991,037.0187 504,353.6781
39 40 S 36°44'41.13" E 34.070 40 1,991,009.7179 504,374.0607
40 41 S 47°53'10.32" E 29.631 41 1,990,989.8474 504,396.0412
41 42 S 63°07'10.97" E 35.465 42 1,990,973.8127 504,427.6742
42 43 S 71°35'26.86" E 31.188 43 1,990,963.9634 504,457.2664
43 44 S 75°13'45.13" E 54.395 44 1,990,950.0952 504,509.8641
44 45 S 80°40'04.46" E 182.241 45 1,990,920.5435 504,689.6934
45 46 S 78°51'03.59" E 30.550 46 1,990,914.6364 504,719.6666
46 47 S 75°38'25.83" E 35.641 47 1,990,905.7972 504,754.1945
47 48 S 72°10'58.32" E 35.643 48 1,990,894.8912 504,788.1278
48 49 S 68°45'01.07" E 35.135 49 1,990,882.1570 504,820.8743
49 50 S 71°28'41.35" E 21.032 50 1,990,875.4758 504,840.8171
50 20 S 25°01'48.63" W 5.741 20 1,990,870.2739 504,838.3881
20 52 S 63°52'35.57" E 43.021 52 1,990,851.3313 504,877.0148
52 53 S 59°11'12.70" E 32.933 53 1,990,834.4618 504,905.2988
53 54 S 55°43'08.05" E 50.422 54 1,990,806.0614 504,946.9617
54 55 S 54°52'17.79" E 154.912 55 1,990,716.9236 505,073.6585
55 56 S 34°54'19.57" W 14.400 56 1,990,705.1141 505,065.4183
56 57 S 55°18'58.73" W 155.001 57 1,990,793.3168 504,937.9599
57 58 N 55°42'52.43" W 49.658 58 1,990,821.2898 504,896.9306
58 59 N 61°13'43.17" W 83.327 59 1,990,861.3965 504,823.8902
59 2 S 32°46'50.00" W 6.230 2 1,990,856.1591 504,820.5174
2 61 N 49°58'19.38" W 5.167 61 1,990,859.4821 504,816.5611
61 62 N 61°11'40.39" W 9.008 62 1,990,863.8226 504,808.6676
62 63 N 68°57'21.34" W 32.230 63 1,990,875.3959 504,778.5872
63 64 N 72°15'41.39" W 31.890 64 1,990,885.1120 504,748.2130
64 65 N 77°05'05.34" W 63.806 65 1,990,899.3732 504,686.0212
65 66 N 80°39'42.11" W 64.885 66 1,990,909.9017 504,621.9961
66 67 N 80°36'23.56" W 119.398 67 1,990,929.3891 504,504.1987
67 68 S 08°06'36.37" W 0.875 68 1,990,928.5233 504,504.0753
68 69 N 85°46'20.79" W 38.778 69 1,990,931.3819 504,465.4025
69 70 N 83°34'16.81" W 21.146 70 1,990,933.7495 504,444.3868
70 71 N 80°30'43.82" W 16.405 71 1,990,936.4536 504,428.2097
71 72 N 76°09'43.94" W 17.699 72 1,990,940.6867 504,411.0243
72 73 N 67°45'34.61" W 16.548 73 1,990,946.9500 504,395.7077
73 74 N 54°56'46.88" W 30.001 74 1,990,964.1809 504,371.1483
74 75 N 47°05'29.21" W 45.049 75 1,990,994.8519 504,338.1522
75 76 N 36°12'33.77" W 33.187 76 1,991,021.6295 504,318.5473
76 77 S 85°04'56.86" W 16.213 77 1,991,020.2397 504,302.3942
77 78 N 46°04'19.07" W 12.928 78 1,991,029.2085 504,293.0833
78 79 N 33°07'18.38" E 29.451 79 1,991,053.8739 504,309.1758
79 80 N 18°39'57.55" W 50.720 80 1,991,101.9262 504,292.9427
SUPERFICIE: 21847.2334
CUADRO DE CONSTRUCCION
LADO EST PV RUMBO DISTANCIA V COORDENADAS Y X
19 1,990,875.4961 504,840.8266
19 20 S 25°01'48.63" W 5.763 20 1,990,870.2739 504,838.3881
20 21 S 63°57'04.26" E 21.104 21 1,990,861.0065 504,857.3480
21 22 N 36°10'47.36" E 30.697 22 1,990,885.7845 504,875.4693
22 23 N 23°53'33.61" E 6.838 23 1,990,892.0364 504,878.2388
23 24 N 10°55'38.14" E 30.657 24 1,990,922.1371 504,884.0502
24 25 N 10°37'26.12" E 199.132 25 1,991,117.8558 504,920.7625
25 26 N 04°25'27.07" E 12.109 26 1,991,129.9290 504,921.6966
26 27 N 01°58'33.20" W 25.309 27 1,991,155.2229 504,920.8240
27 28 S 06°50'50.36" W 37.949 28 1,991,117.5444 504,916.2995
28 29 S 16°58'01.72" W 35.159 29 1,991,083.9155 504,906.0392
29 30 S 10°14'55.17" W 192.676 30 1,990,894.3138 504,871.7582
30 31 S 27°32'40.49" W 7.957 31 1,990,887.2590 504,868.0788
31 32 S 43°50'20.65" W 7.683 32 1,990,881.7173 504,862.7573
32 33 S 58°46'56.38" W 8.181 33 1,990,877.4774 504,855.7612
33 34 S 75°51'07.54" W 8.673 34 1,990,875.3574 504,847.3510
34 19 N 88°46'57.28" W 6.526 19 1,990,875.4961 504,840.8266
SUPERFICIE = 2,220.311 m2
CUADRO DE CONSTRUCCION
LADO EST PV RUMBO DISTANCIA V COORDENADAS Y X
1 1,990,861.4307 504,823.8139
1 2 S 32°01'08.06" W 6.217 2 1,990,856.1591 504,820.5174
2 3 S 37°59'24.72" E 6.027 3 1,990,851.3663 504,824.1716
3 4 S 22°22'29.74" E 6.723 4 1,990,845.1349 504,826.6945
4 5 S 08°43'06.41" E 4.839 5 1,990,840.3518 504,827.4292
5 6 S 04°06'05.33" W 5.805 6 1,990,834.5616 504,827.0140
6 7 S 17°37'12.74" W 5.820 7 1,990,829.0143 504,825.2522
7 8 S 29°10'36.18" W 6.862 8 1,990,823.0229 504,821.9069
8 9 S 37°59'48.83" W 22.935 9 1,990,804.9488 504,807.7874
9 10 S 37°39'49.08" W 47.501 10 1,990,767.3468 504,778.7633
10 11 S 38°56'08.07" W 91.060 11 1,990,696.5156 504,721.5372
11 12 S 50°51'13.02" W 54.616 12 1,990,661.5949 504,679.5442
12 13 S 46°27'14.71" W 38.155 13 1,990,635.3083 504,651.8884
13 14 N 54°29'27.34" E 47.767 14 1,990,663.0527 504,690.7715
14 15 N 50°26'55.07" E 39.286 15 1,990,688.0688 504,721.0630
15 16 N 43°00'27.68" E 27.948 16 1,990,708.5063 504,740.1262
16 17 N 38°09'51.82" E 138.920 17 1,990,817.7308 504,825.9675
17 18 N 36°20'57.44" E 37.604 18 1,990,848.0174 504,848.2556
18 1 N 61°14'33.79" W 27.880 1 1,990,861.4307 504,823.8139
SUPERFICIE = 1,976.488 m2
PUENTE CARRIZAL
PUENTE VEHICULAR
PUENTE PEATONAL
CARRIZAL
CARRIZAL
CARRIZ



PLANTA GENERAL PUENTE CARRIZAL

ESCALA 1:1000

LOCALIZACIÓN:



Norte

SISTEMA DE COORDENADAS PROYECTADO
Coordenadas zona UTM 15N

SIMBOLOGÍA Y/O ESPECIFICACIONES:

NOMBRE DE LA EMPRESA:
MOTA-ENGIL MÉXICO S.A.P.I. DE C.V.

LOGO DE LA EMPRESA: MOTAENGIL MÉXICO

DIRECCIÓN DE LA EMPRESA: [redacted]

REPRESENTANTE LEGAL: [redacted] OLIVEIRA FERRO

SUPERINTENDENTE: [redacted] CED. PROF. 1108156

PROYECTO: [redacted] CED. PROF. - 8548643

GOBIERNO DEL ESTADO DE TABASCO

TABASCO GOBIERNO DEL PUEBLO
OBRAS PÚBLICAS
SECRETARÍA DE ORDENAMIENTO TERRITORIAL Y OBRAS PÚBLICAS
MOVILIDAD
SECRETARÍA DE MOVILIDAD

PROYECTO:
PROYECTO INTEGRAL VILLAHERMOSA 2030
UBICACIÓN: PUENTE CARRIZAL
MUNICIPIOS: NACAJUCA Y CENTRO, TABASCO.

PLANO:
PLANTA Y PERFIL PUENTE CARRIZAL

Vo. Bo.:
ARQ. DORIS DEL CARMEN IGLESIAS RAMÓN
DIRECTORA DE PROYECTOS DE LA SOTOP
CED. PROF.: 3386502

D.R.O.:
ING. JOSÉ LUIS DAGDUG CONTRERAS
DIRECTOR RESPONSABLE DE OBRA
CED. PROF.: 7654453

CLAVE DE PLANO:
VSA-PE-T1-TRZ-PLA-PTE_1.8-0001-E00

REVISÓ:
ING. LINCO JESÚS BELTRÁN OLÁN
COORDINADOR DE PROYECTO
CED. PROF.: 1750662

CORRESPONSABLES:

REVISIÓN: E00

REVISÓ:
ESPECIALISTA

FECHA: 25/08/2026

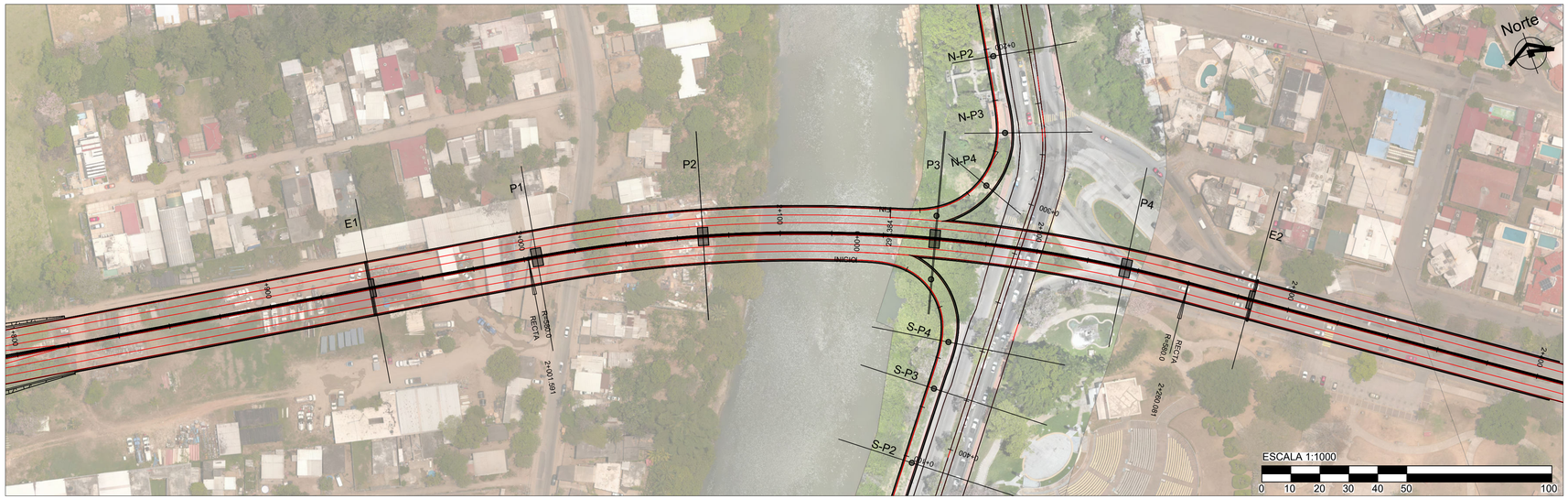
HOJAS: 01 DE 04

VALIDÓ:
ING. MERLIN CHABLE CANTÓN
RESIDENTE DE OBRA DE LA SOTOP
CED. PROF.: 4600435

PROYECTISTA ESPECIALISTA:

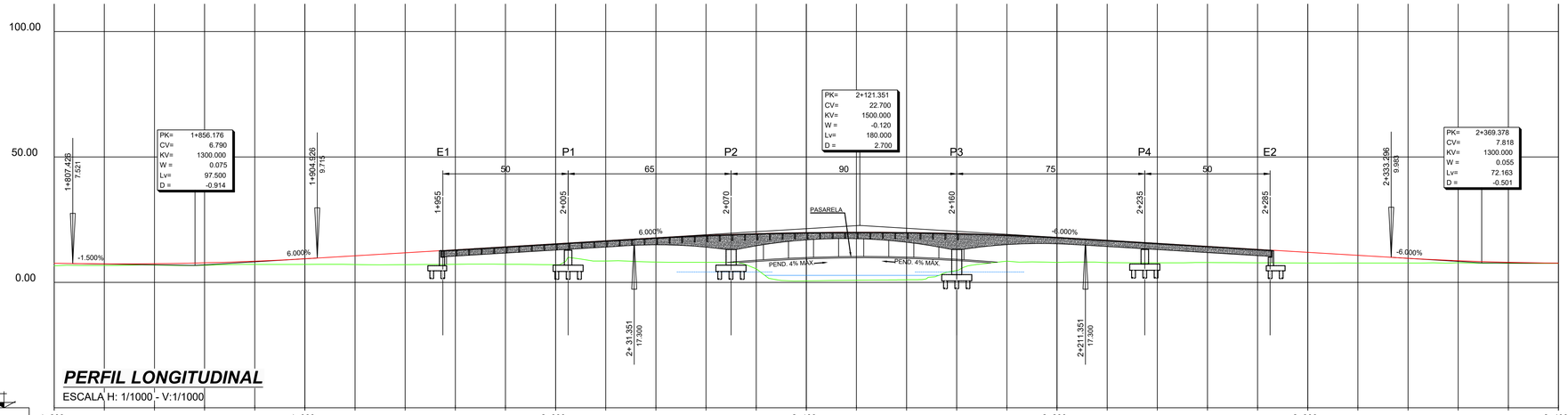
ESCALA: 1 : 1000

ACOTACIONES: EN METROS



PLANTA TRAZADO PUENTE CARRIZAL ABS 1+800 - 2+400

ESCALA 1:1000



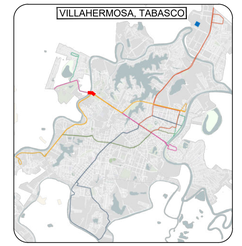
PERFIL LONGITUDINAL

ESCALA H: 1/1000 - V:1/1000

P.C. -50.00

		1+800	1+900	2+000	2+100	2+200	2+300	2+400
P.K.								
ORDENADAS	RASANTE	7.632 7.393 7.440 7.795 8.458 9.428 10.619 11.819 13.019 14.219 15.419 16.619 17.794 18.745 19.430 19.848 19.969 19.884 19.502 18.853 17.938 16.781 15.581 14.381 13.181 11.981 10.781 9.598 8.655 8.020 7.692						
	TERRENO	6.62 6.80 6.93 6.83 7.17 7.18 7.13 7.08 7.22 7.23 7.04 8.54 8.11 8.00 5.43 0.60 0.82 1.05 4.74 8.50 7.98 7.88 7.81 7.92 7.82 7.72 7.72 7.70 7.84 7.61 7.59						
COTAS ROJAS	DESMONTE							
	TERRAPLEN	1.014 0.593 0.511 0.962 1.293 2.252 3.486 4.737 5.797 6.992 8.382 8.083 9.684 10.741 14.000 19.245 19.175 18.838 14.759 10.358 9.962 8.900 7.771 6.460 5.365 4.265 3.092 1.895 0.818 0.407 0.102						
ACUERDOS VERTICALES PK / COTA		L= 7.43	1+807.426 7.521 L= 97.50	1+904.926 9.715 L= 126.42	2+031.351 17.300 L= 180.00	2+211.351 17.300 L= 121.95	2+333.296 9.983 L= 66.70	
DIAGRAMA DE CURVATURAS		RECTA		R = 580.000		RECTA		
P.K. CURVATURAS				2+001.591		2+260.081		
DIAGRAMA DE PERALTES	DERECHO	2.00%	2.00% 0.00% 2.00%			2.00% 0.00% 2.00%		2.00%
	IZQUIERDO	2.00%	2.00% 2.00% 2.00%			2.00% 2.00% 2.00%		2.00%
			1+951.818 1+971.818 1+975.417 1+991.818 1+995.378			2+250.469 2+254.002 2+270.469 2+274.000 2+290.469 2+293.998		

LOCALIZACIÓN:



SISTEMA DE COORDENADAS PROYECTADO
Coordenadas zona UTM 15N

SIMBOLOGÍA Y/O ESPECIFICACIONES:

- Terreno Natural
- Rasante

NOMBRE DE LA EMPRESA:

MOTA-ENGIL MÉXICO S.A.P.I. DE C.V.

LOGO DE LA EMPRESA: MOTAENGIL MÉXICO

DIRECCIÓN DE LA EMPRESA: [redacted]

REPRESENTANTE LEGAL:	SUPERINTENDENTE:	PROYECTÓ:
[redacted] OLIVEIRA FERRO	[redacted] CED. PROF.: 1769156	[redacted] CED. PROF.: 5508241

GOBIERNO DEL ESTADO DE TABASCO

TABASCO GOBIERNO DEL PUEBLO | OBRAS PÚBLICAS SECRETARÍA DE ORDENAMIENTO TERRITORIAL Y OBRAS PÚBLICAS | MOVILIDAD SECRETARÍA DE MOVILIDAD

PROYECTO:

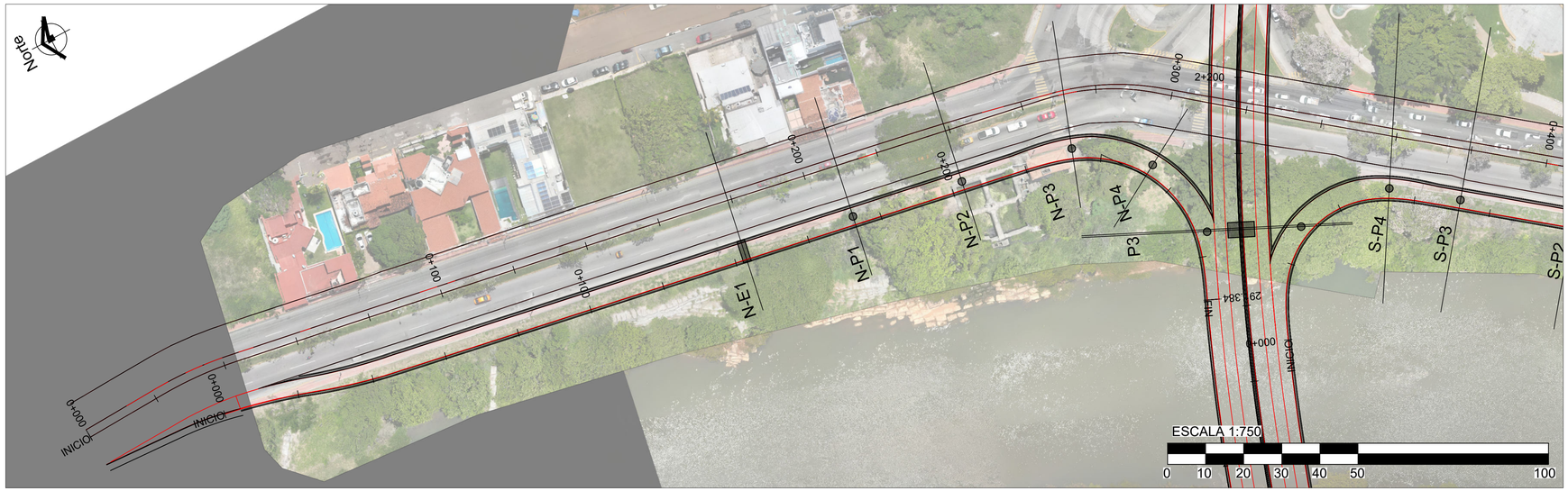
PROYECTO INTEGRAL VILLAHERMOSA 2030

UBICACIÓN: PUENTE CARRIZAL — MUNICIPIOS: NACAJUCA Y CENTRO, TABASCO.

PLANO:

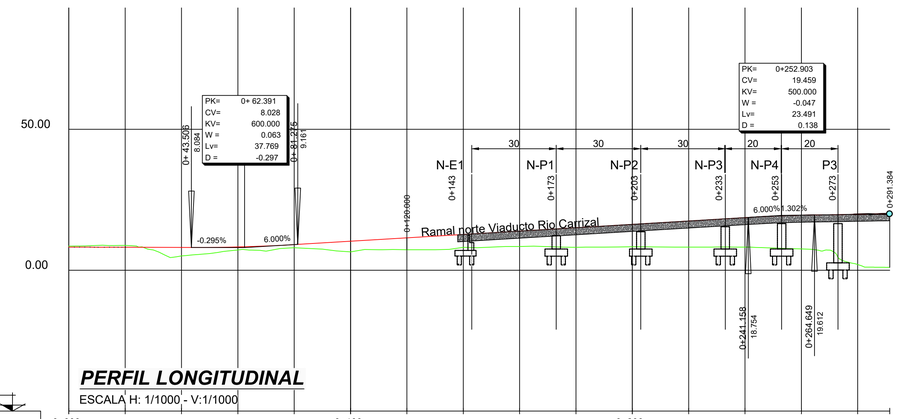
PLANTA Y PERFIL PUENTE CARRIZAL

Vo. Bo.:	D.R.O.:	CLAVE DE PLANO:
ARQ. DORIS DEL CARMEN IGLESIAS RAMÓN DIRECTORA DE PROYECTOS DE LA SOTOP CED. PROF.: 3386502	ING. JOSÉ LUIS DAGDUG CONTRERAS DIRECTOR RESPONSABLE DE OBRA CED. PROF.: 7654453	VSA-PE-T1-TRZ-PLA-PTE_1.8-0001-E00
REVISÓ: ING. LINCO JESÚS BELTRÁN OLÁN COORDINADOR DE PROYECTO CED. PROF.: 1755882	CORRESPONSABLES:	REVISIÓN: E00
REVISÓ: ESPECIALISTA		FECHA: 25/08/2026
VALIDÓ: ING. MERLIN CHABLE CANTÓN RESIDENTE DE OBRA DE LA SOTOP CED. PROF.: 4000435	PROYECTISTA ESPECIALISTA:	HOJAS: 02 DE 04
		ESCALA: INDICADA
		ACOTACIONES: EN METROS



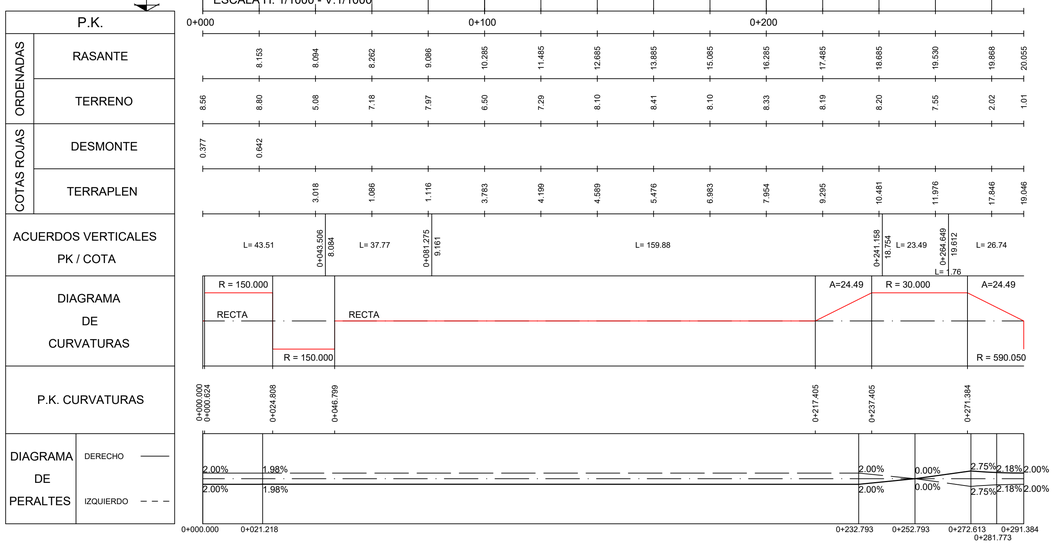
PLANTA TRAZADO RAMAL NORTE ABS 0+000 - 0+291

ESCALA 1:750

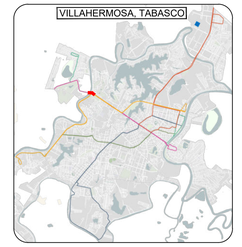


PERFIL LONGITUDINAL

ESCALA H: 1/1000 - V:1/1000



LOCALIZACIÓN:



Norte

SISTEMA DE COORDENADAS PROYECTADO
Coordenadas zona UTM 15N

SIMBOLOGÍA Y/O ESPECIFICACIONES:

- Terreno Natural
- Rasante

NOMBRE DE LA EMPRESA:
MOTA-ENGIL MÉXICO S.A.P.I. DE C.V.

LOGO DE LA EMPRESA:

DIRECCIÓN DE LA EMPRESA:
[redacted]

REPRESENTANTE LEGAL: OLIVEIRA FERRO
SUPERINTENDENTE: CED. PROF. 1160155
PROYECTO: CED. PROF. 6838847

GOBIERNO DEL ESTADO DE TABASCO

OBRAS PÚBLICAS
SECRETARÍA DE ORDENAMIENTO TERRITORIAL Y OBRAS PÚBLICAS

MOVILIDAD
SECRETARÍA DE MOVILIDAD

PROYECTO:
PROYECTO INTEGRAL VILLAHERMOSA 2030

UBICACIÓN: PUENTE CARRIZAL
MUNICIPIOS: NACAJUCA Y CENTRO, TABASCO.

PLANO:
PLANTA Y PERFIL PUENTE CARRIZAL

Vo. Bo.:
ARQ. DORIS DEL CARMEN IGLESIAS RAMÓN
DIRECTORA DE PROYECTOS DE LA SOTOP
CED. PROF.: 3386002

D.R.O.:
ING. JOSÉ LUIS DAGDUG CONTRERAS
DIRECTOR RESPONSABLE DE OBRA
CED. PROF.: 7654453

CLAVE DE PLANO:
VSA-PE-T1-TRZ-PLA-PTE_1.8-0001-E00

REVISÓ:
ING. LINCO JESÚS BELTRÁN OLÁN
COORDINADOR DE PROYECTO
CED. PROF.: 1150982

CORRESPONSABLES:

REVISIÓN:
E00

REVISÓ:
ESPECIALISTA

FECHA:
25/08/2026

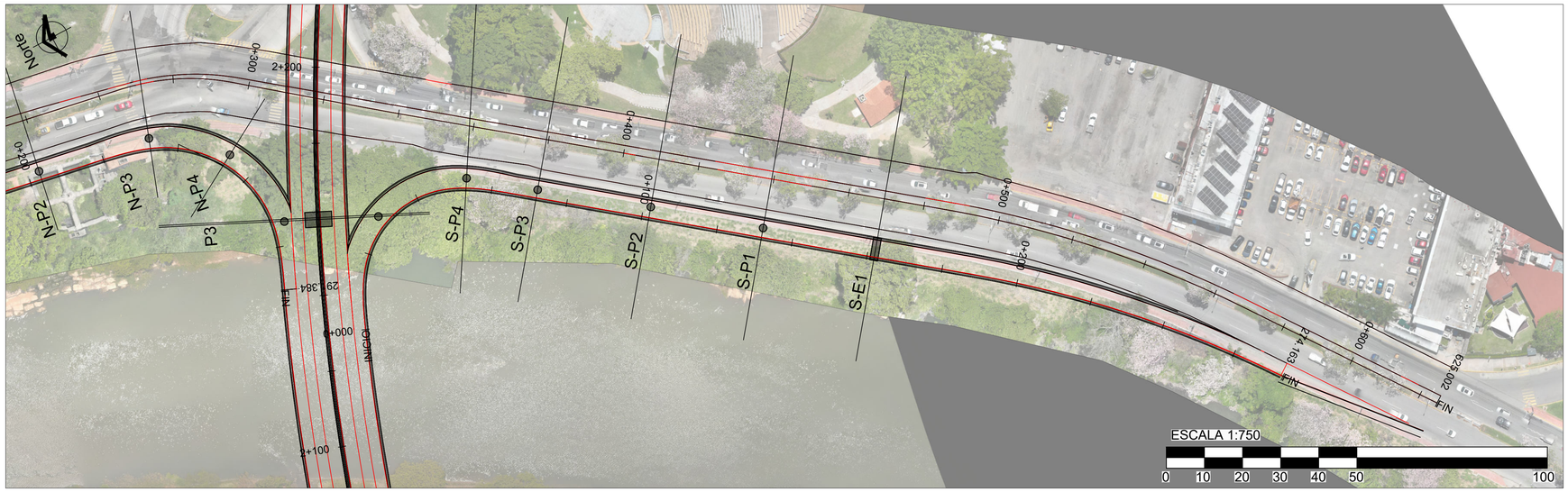
HOJAS:
03 DE 04

VALIDÓ:
ING. MERLIN CHABLE CANTÓN
RESIDENTE DE OBRA DE LA SOTOP
CED. PROF.: 4600435

PROYECTISTA ESPECIALISTA:

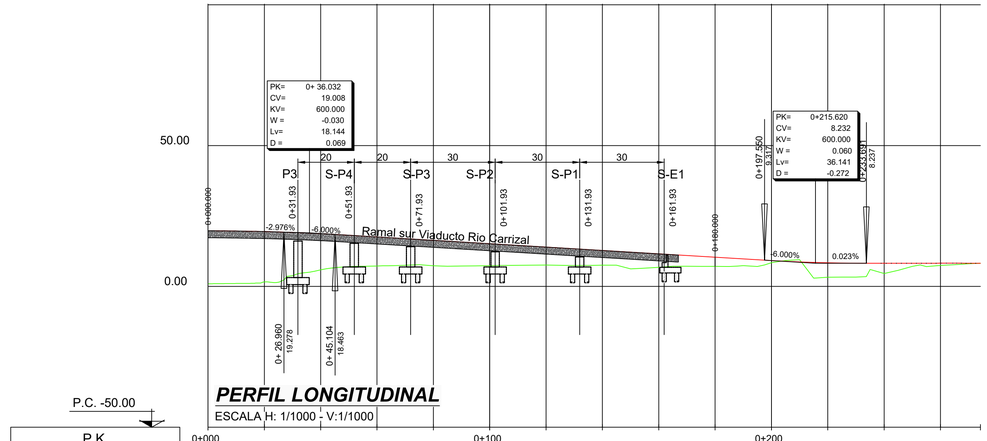
ESCALA:
INDICADA

ACOTACIONES:
EN METROS



PLANTA TRAZADO RAMAL SUR ABS 0+000 - 0+274

ESCALA 1:750

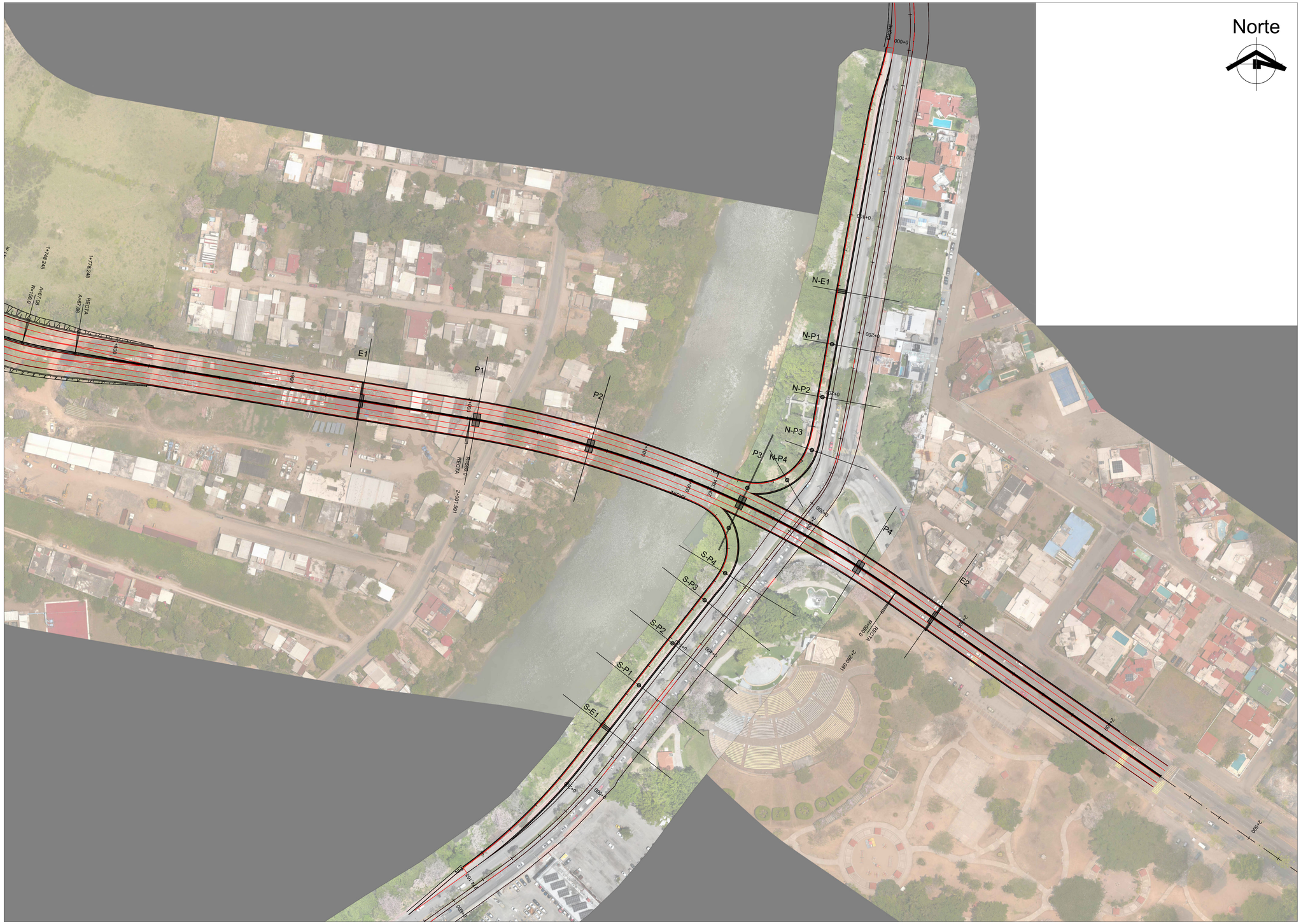


PERFIL LONGITUDINAL

ESCALA H: 1/1000 - V:1/1000

P.C. -50.00

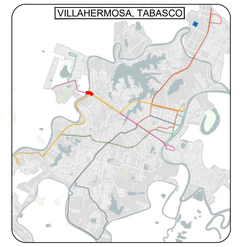
| | | 0+000 | | |



PLANTA GENERAL PUENTE CARRIZAL

ESCALA 1:1000

LOCALIZACIÓN:



SISTEMA DE COORDENADAS PROYECTADO
Coordenadas zona UTM 15N

SIMBOLOGÍA Y/O ESPECIFICACIONES:

NOMBRE DE LA EMPRESA:
MOTA-ENGIL MÉXICO S.A.P.I. DE C.V.

LOGO DE LA EMPRESA: MOTAENGIL MÉXICO

DIRECCIÓN DE LA EMPRESA: [redacted]

REPRESENTANTE LEGAL: [redacted] OLIVEIRA FERRO

SUPERINTENDENTE: [redacted] CED. PROF.: 1108156

PROYECTO: [redacted] CED PROF.: 8934843

GOBIERNO DEL ESTADO DE TABASCO

TABASCO GOBIERNO DEL PUEBLO
OBRAS PÚBLICAS
SECRETARÍA DE ORDENAMIENTO TERRITORIAL Y OBRAS PÚBLICAS
MOVILIDAD
SECRETARÍA DE MOVILIDAD

PROYECTO:
PROYECTO INTEGRAL VILLAHERMOSA 2030
UBICACIÓN: PUENTE CARRIZAL
MUNICIPIOS: NACAJUCA Y CENTRO, TABASCO.

PLANO:
PLANTA Y SECCIONES TRANSVERSALES PUENTE CARRIZAL

Vo. Bo.:
ARQ. DORIS DEL CARMEN IGLESIAS RAMÓN
DIRECTORA DE PROYECTOS DE LA SOTOP
CED. PROF.: 3386502

D.R.O.:
ING. JOSÉ LUIS DAGDUG CONTRERAS
DIRECTOR RESPONSABLE DE OBRA
CED. PROF.: 7654453

CLAVE DE PLANO:
VSA-PE-T1-TRZ-PLA-PTE_1.8-0002-E00

REVISÓ:
ING. LINCO JESÚS BELTRÁN OLÁN
COORDINADOR DE PROYECTO
CED. PROF.: 1750662

CORRESPONSABLES:

REVISIÓN: E00

REVISÓ:
ESPECIALISTA

FECHA: 25/08/2026

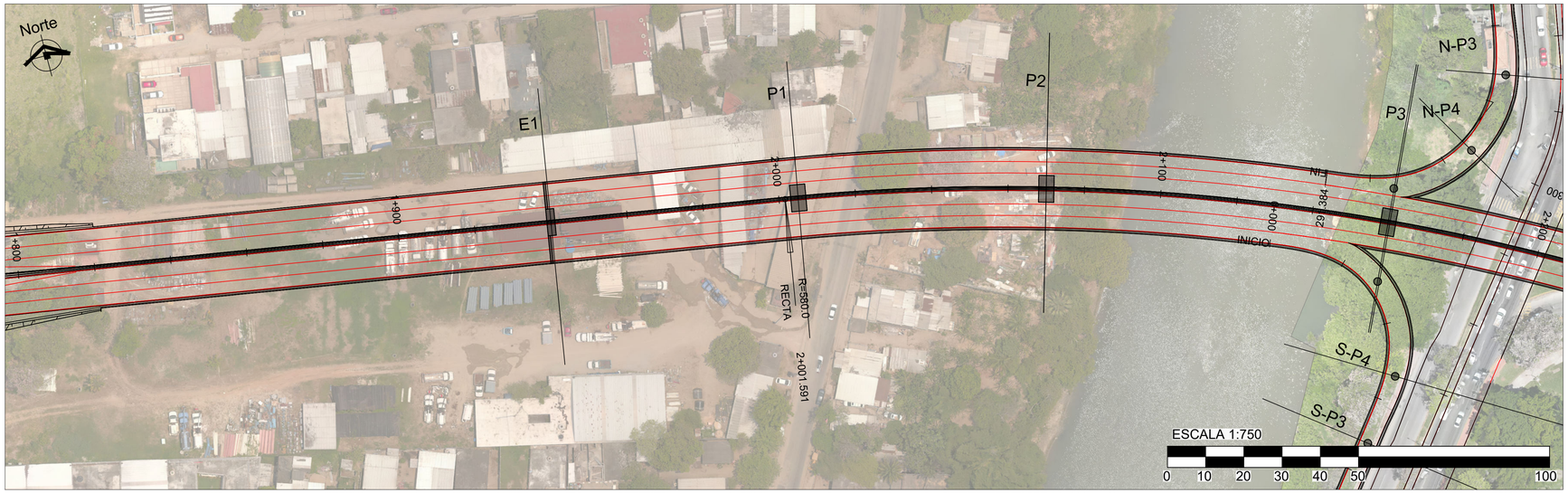
HOJAS: 01 DE 05

VALIDÓ:
ING. MERLIN CHABLE CANTÓN
RESIDENTE DE OBRA DE LA SOTOP
CED. PROF.: 4600435

PROYECTISTA ESPECIALISTA:

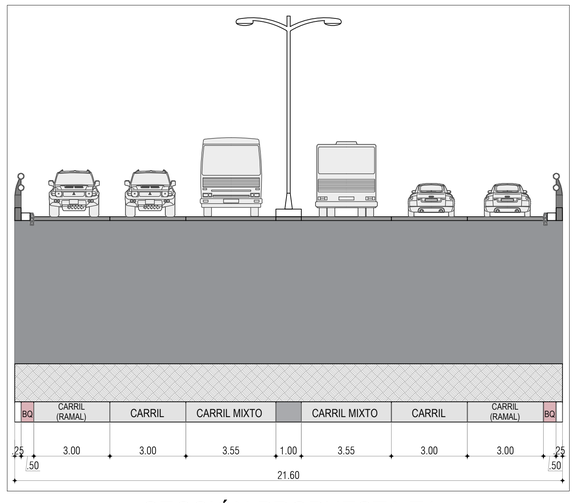
ESCALA: 1 : 1000

ACOTACIONES: EN METROS

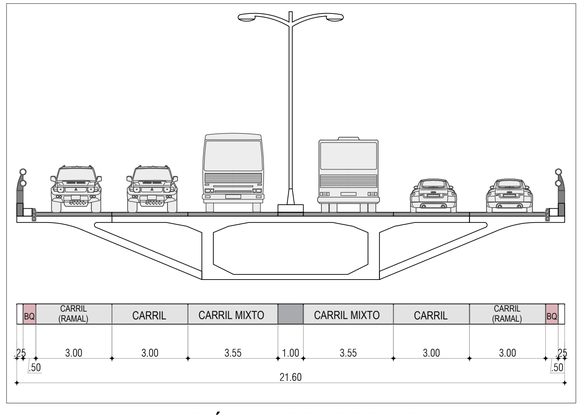


PLANTA TRAZADO PUENTE CARRIZAL ABS 1+820 - 2+160

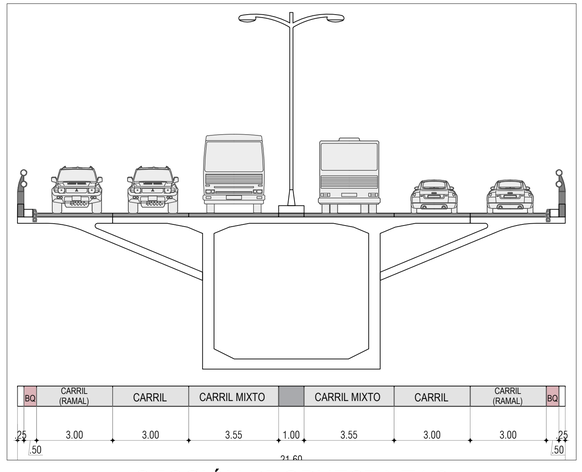
ESCALA 1:750



SECCIÓN PROPUESTA T1
PUENTE CARRIZAL
P.K. 1+820 A P.K. 1+940

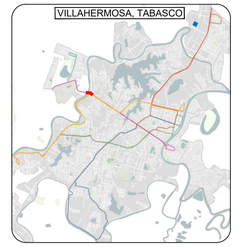


SECCIÓN PROPUESTA T1.1
PUENTE CARRIZAL
P.K. 1+940 A P.K. 2+005



SECCIÓN PROPUESTA T1.2
PUENTE CARRIZAL
P.K. 2+005 A P.K. 2+160

LOCALIZACIÓN:



Norte

SISTEMA DE COORDENADAS PROYECTADO
Coordenadas zona UTM 15N

SIMBOLOGÍA Y/O ESPECIFICACIONES:

NOMBRE DE LA EMPRESA:
MOTA-ENGIL MÉXICO S.A.P.I. DE C.V.

LOGO DE LA EMPRESA:

DIRECCIÓN DE LA EMPRESA:
[redacted]

REPRESENTANTE LEGAL: [redacted] OLIVEIRA FERRO

SUPERINTENDENTE: [redacted] CED. PROF. 4168156

PROYECTO: [redacted] CED. PROF. - 8548047

GOBIERNO DEL ESTADO DE TABASCO

OBRAS PÚBLICAS
SECRETARÍA DE ORDENAMIENTO TERRITORIAL Y OBRAS PÚBLICAS

MOVILIDAD
SECRETARÍA DE MOVILIDAD

PROYECTO:
PROYECTO INTEGRAL VILLAHERMOSA 2030

UBICACIÓN: PUENTE CARRIZAL — MUNICIPIOS: NACAJUCA Y CENTRO, TABASCO.

PLANO:
PLANTA Y SECCIONES TRANSVERSALES PUENTE CARRIZAL

Vo. Bo.:
ARQ. DORIS DEL CARMEN IGLESIAS RAMÓN
DIRECTORA DE PROYECTOS DE LA SOTOP
CED. PROF.: 3388032

D.R.O.:
ING. JOSÉ LUIS DAGDUG CONTRERAS
DIRECTOR RESPONSABLE DE OBRA
CED. PROF.: 7654453

CLAVE DE PLANO:
VSA-PE-T1-TRZ-PLA-PTE_1.8-0002-E00

REVISÓ:
ING. LINCO JESÚS BELTRÁN OLÁN
COORDINADOR DE PROYECTO
CED. PROF.: 1750962

CORRESPONSABLES:

REVISIÓN:
E00

FECHA:
25/08/2026

REVISÓ:
ESPECIALISTA

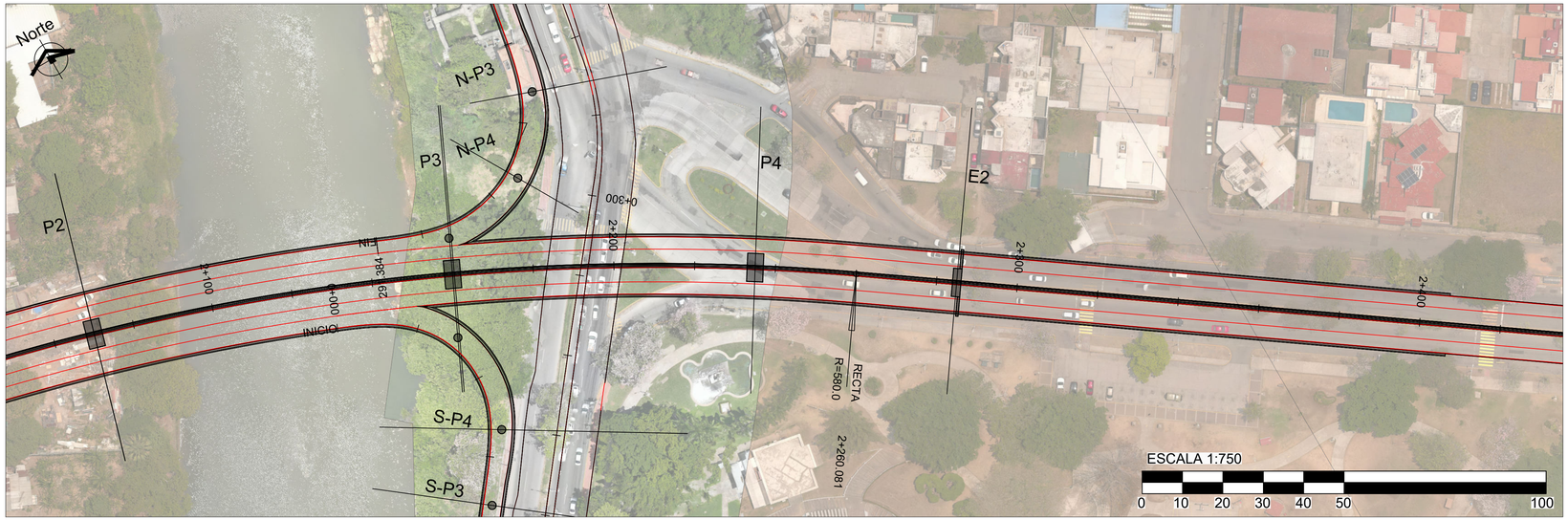
HOJAS:
02 DE 05

VALIDÓ:
ING. MERLIN CHABLE CANTÓN
RESIDENTE DE OBRA DE LA SOTOP
CED. PROF.: 4600430

PROYECTISTA ESPECIALISTA:

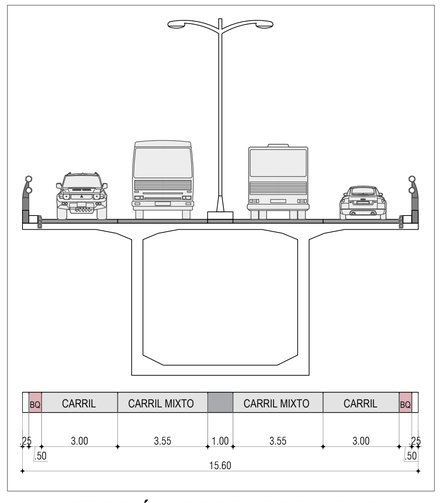
ESCALA:
INDICADA

ACOTACIONES:
EN METROS

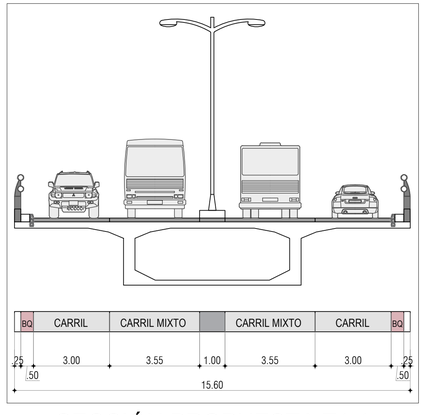


PLANTA TRAZADO PUENTE CARRIZAL ABS 2+160 - 2+400

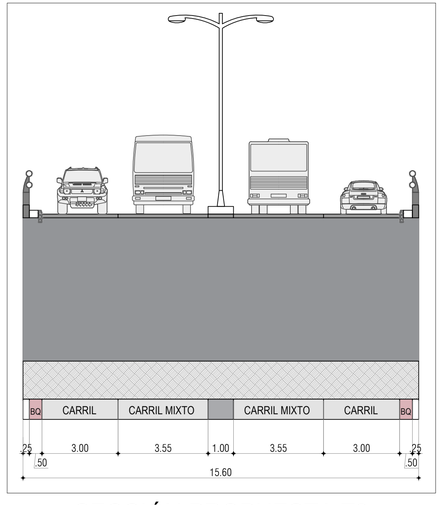
ESCALA 1:750



SECCIÓN PROPUESTA T1.3
PUENTE CARRIZAL
P.K. 2+160 A P.K. 2+235

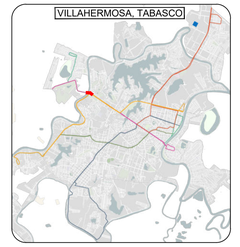


SECCIÓN PROPUESTA T1.4
PUENTE CARRIZAL
P.K. 2+235 A P.K. 2+285



SECCIÓN PROPUESTA T2
PUENTE CARRIZAL
P.K. 2+285 A P.K. 2+400

LOCALIZACIÓN:



Norte

SISTEMA DE COORDENADAS PROYECTADO
Coordenadas zona UTM 15N

SIMBOLOGÍA Y/O ESPECIFICACIONES:

NOMBRE DE LA EMPRESA:
MOTA-ENGIL MÉXICO S.A.P.I. DE C.V.

LOGO DE LA EMPRESA:

DIRECCIÓN DE LA EMPRESA:
[redacted]

REPRESENTANTE LEGAL:
[redacted]
OLIVEIRA FERRO

SUPERINTENDENTE:
[redacted]
CED. PROF.: 4168156

PROYECTO:
[redacted]
CED. PROF.: 8648043

GOBIERNO DEL ESTADO DE TABASCO

OBRAS PÚBLICAS
SECRETARÍA DE ORDENAMIENTO TERRITORIAL Y OBRAS PÚBLICAS

MOVILIDAD
SECRETARÍA DE MOVILIDAD

PROYECTO:
PROYECTO INTEGRAL VILLAHERMOSA 2030

UBICACIÓN: PUENTE CARRIZAL
MUNICIPIOS: NACAJUCA Y CENTRO, TABASCO.

PLANO:
PLANTA Y SECCIONES TRANSVERSALES PUENTE CARRIZAL

Vo. Bo.:
ARQ. DORIS DEL CARMEN IGLESIAS RAMÓN
DIRECTORA DE PROYECTOS DE LA SOTOP
CED. PROF.: 3388032

D.R.O.:
ING. JOSÉ LUIS DAGDUG CONTRERAS
DIRECTOR RESPONSABLE DE OBRA
CED. PROF.: 7654453

CLAVE DE PLANO:
VSA-PE-T1-TRZ-PLA-PTE_1.8-0002-E00

REVISÓ:
ING. LINCO JESÚS BELTRÁN OLÁN
COORDINADOR DE PROYECTO
CED. PROF.: 1750962

CORRESPONSABLES:

REVISIÓN:
E00

REVISÓ:
ESPECIALISTA

FECHA:
25/08/2026

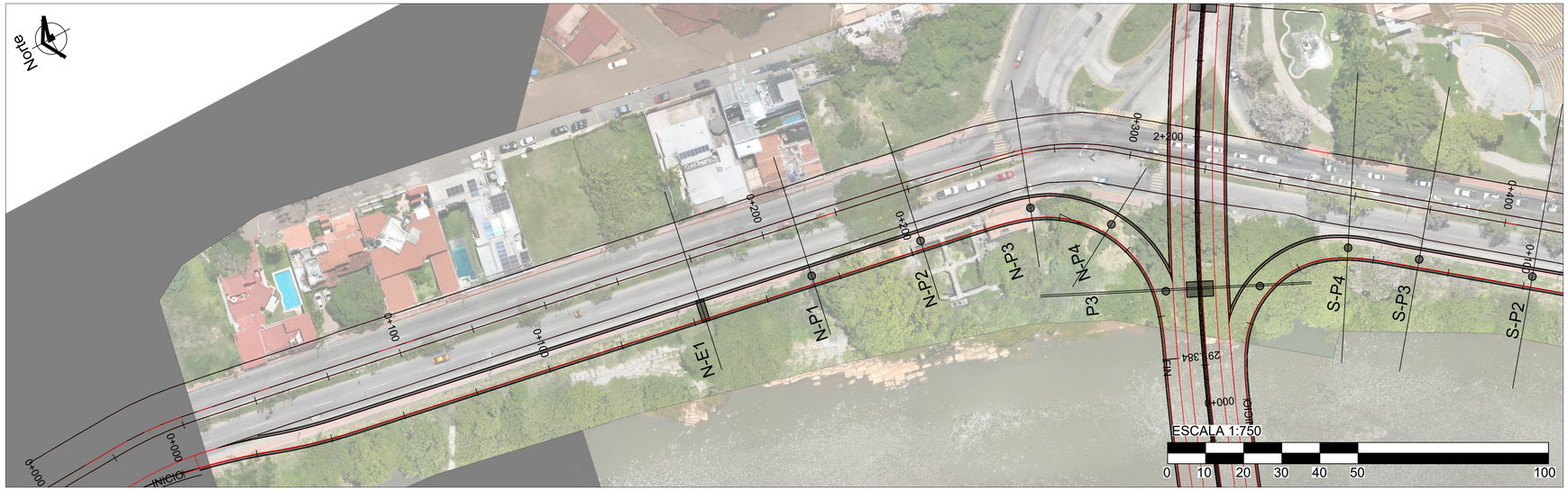
HOJAS:
03 DE 05

VALIDÓ:
ING. MERLIN CHABLE CANTÓN
RESIDENTE DE OBRA DE LA SOTOP
CED. PROF.: 4600430

PROYECTISTA ESPECIALISTA:

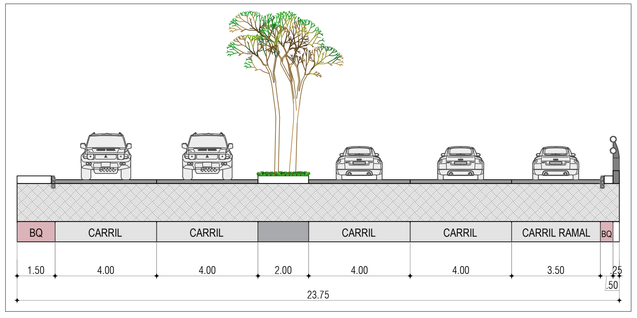
ESCALA:
I N D I C A D A

ACOTACIONES:
EN METROS

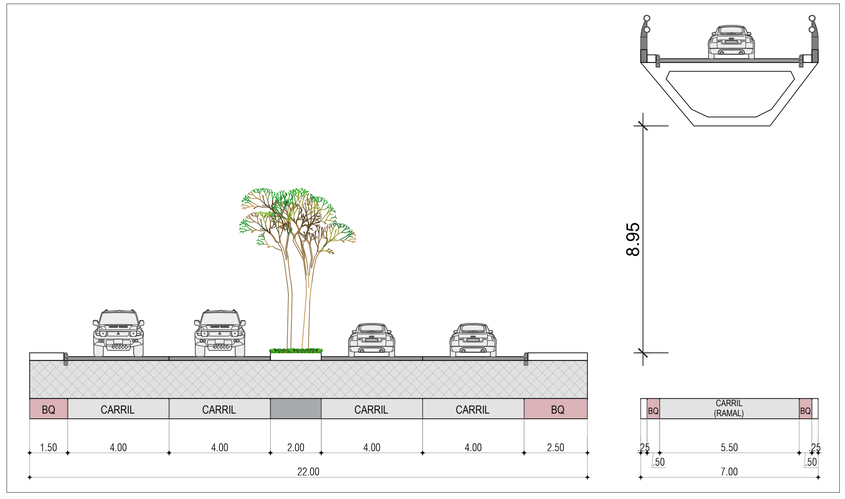


PLANTA TRAZADO RAMAL NORTE ABS 0+000 - 0+291

ESCALA 1:750

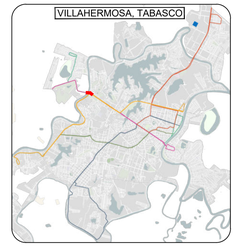


SECCIÓN PROPUESTA T3
RAMAL NORTE
P.K. 0+000 A P.K. 0+040



SECCIÓN PROPUESTA T3
RAMAL NORTE
P.K. 0+040 A P.K. 0+291

LOCALIZACIÓN:



Norte

SISTEMA DE COORDENADAS PROYECTADO
Coordenadas zona UTM 15N

SIMBOLOGÍA Y/O ESPECIFICACIONES:

NOMBRE DE LA EMPRESA:
MOTA-ENGIL MÉXICO S.A.P.I. DE C.V.

LOGO DE LA EMPRESA:
MOTAENGIL MÉXICO

DIRECCIÓN DE LA EMPRESA:
[redacted]

REPRESENTANTE LEGAL: [redacted] OLIVEIRA FERRO

SUPERINTENDENTE: [redacted] CED. PROF.: 4168156

PROYECTO: [redacted] CED. PROF.: 8648043

GOBIERNO DEL ESTADO DE TABASCO

TABASCO GOBIERNO DEL PUEBLO
OBRAS PÚBLICAS
SECRETARÍA DE ORDENAMIENTO TERRITORIAL Y OBRAS PÚBLICAS
MOVILIDAD
SECRETARÍA DE MOVILIDAD

PROYECTO:
PROYECTO INTEGRAL VILLAHERMOSA 2030
UBICACIÓN: PUENTE CARRIZAL
MUNICIPIOS: NACAJUCA Y CENTRO, TABASCO.

PLANO:
PLANTA Y SECCIONES TRANSVERSALES PUENTE CARRIZAL

Vo. Bo.:
ARQ. DORIS DEL CARMEN IGLESIAS RAMÓN
DIRECTORA DE PROYECTOS DE LA SOTOP
CED. PROF.: 3388032

D.R.O.:
ING. JOSÉ LUIS DAGDUG CONTRERAS
DIRECTOR RESPONSABLE DE OBRA
CED. PROF.: 7654453

CLAVE DE PLANO:
VSA-PE-T1-TRZ-PLA-PTE_1.8-0002-E00

REVISÓ:
ING. LINCO JESÚS BELTRÁN OLÁN
COORDINADOR DE PROYECTO
CED. PROF.: 1750962

CORRESPONSABLES:

REVISIÓN:
E00

REVISÓ:
ESPECIALISTA

FECHA:
25/08/2026

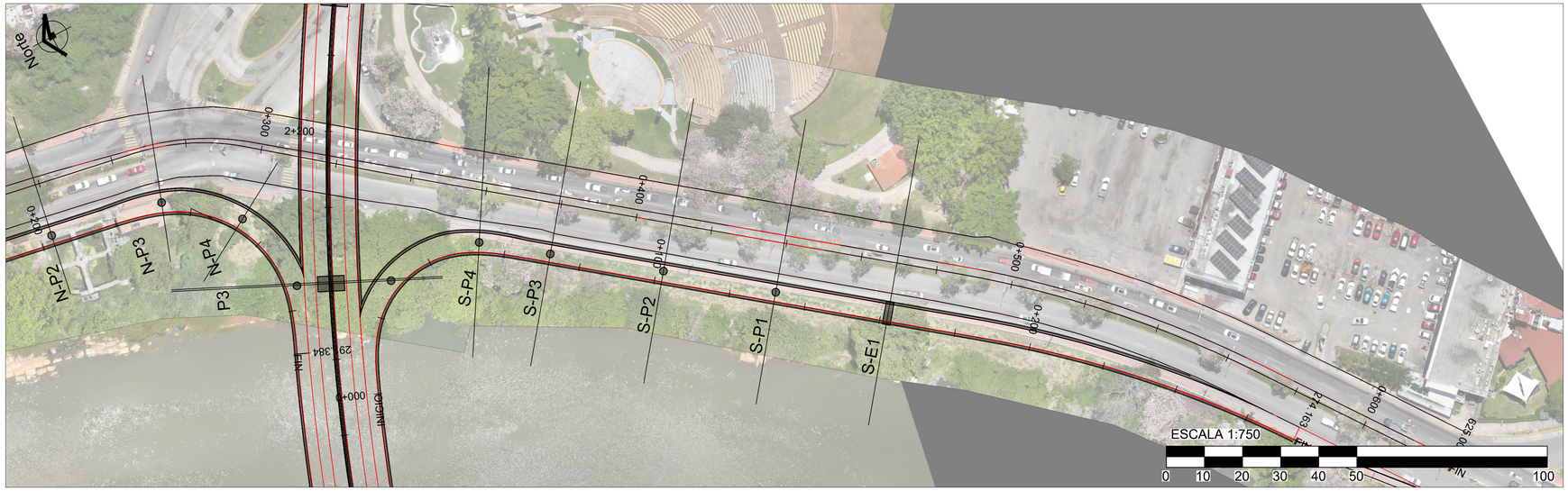
HOJAS:
04 DE 05

VALIDÓ:
ING. MERLIN CHABLE CANTÓN
RESIDENTE DE OBRA DE LA SOTOP
CED. PROF.: 4600430

PROYECTISTA ESPECIALISTA:

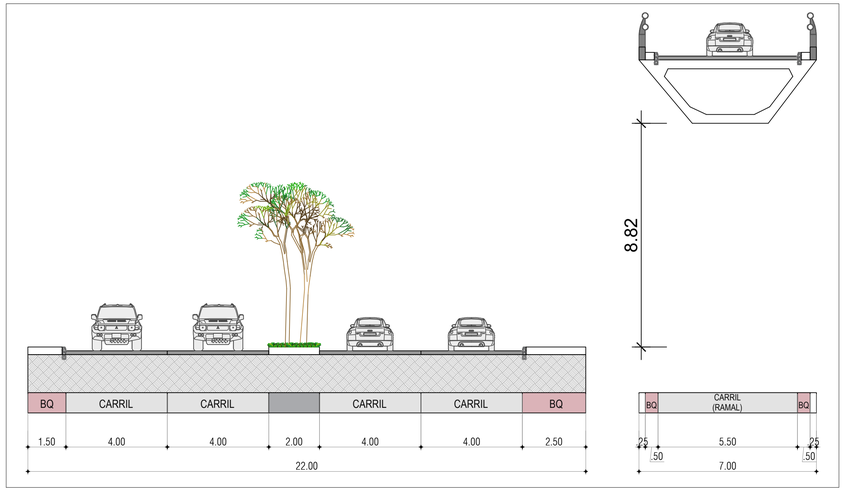
ESCALA:
INDICADA

ACOTACIONES:
EN METROS

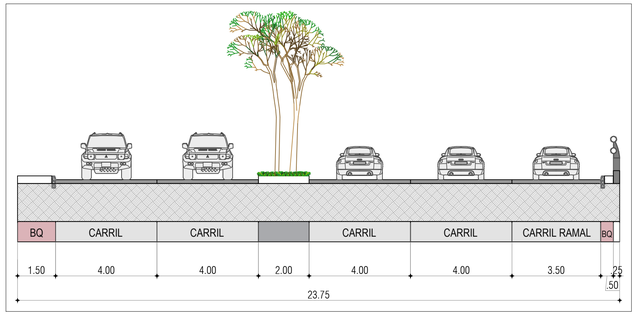


PLANTA TRAZADO RAMAL SUR ABS 0+000 - 0+274

ESCALA 1:750

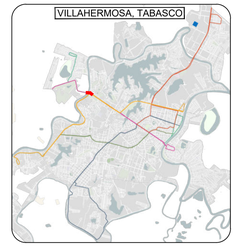


SECCIÓN PROPUESTA T4.1
RAMAL SUR
P.K. 0+000 A P.K. 0+0+244



SECCIÓN PROPUESTA T4
RAMAL SUR
P.K. 0+244 A P.K. 0+274

LOCALIZACIÓN:



Norte

SISTEMA DE COORDENADAS PROYECTADO
Coordenadas zona UTM 15N

SIMBOLOGÍA Y/O ESPECIFICACIONES:

NOMBRE DE LA EMPRESA:
MOTA-ENGIL MÉXICO S.A.P.I. DE C.V.

LOGO DE LA EMPRESA:
MOTAENGIL MÉXICO

DIRECCIÓN DE LA EMPRESA:
[redacted]

REPRESENTANTE LEGAL: [redacted]
OLIVEIRA FERRO

SUPERINTENDENTE: [redacted]
CED. PROF.: 4168156

PROYECTO: [redacted]
CED. PROF.: 8648043

GOBIERNO DEL ESTADO DE TABASCO

TABASCO GOBIERNO DEL PUEBLO
OBRAS PÚBLICAS
SECRETARÍA DE ORDENAMIENTO TERRITORIAL Y OBRAS PÚBLICAS
MOVILIDAD
SECRETARÍA DE MOVILIDAD

PROYECTO:
PROYECTO INTEGRAL VILLAHERMOSA 2030
UBICACIÓN: PUENTE CARRIZAL
MUNICIPIOS: NACAJUCA Y CENTRO, TABASCO.

PLANO:
PLANTA Y SECCIONES TRANSVERSALES PUENTE CARRIZAL

Vo. Bo.:
ARQ. DORIS DEL CARMEN IGLESIAS RAMÓN
DIRECTORA DE PROYECTOS DE LA SOTOP
CED. PROF.: 3388032

D.R.O.:
ING. JOSÉ LUIS DAGDUG CONTRERAS
DIRECTOR RESPONSABLE DE OBRA
CED. PROF.: 7654453

CLAVE DE PLANO:
VSA-PE-T1-TRZ-PLA-PTE_1.8-0002-E00

REVISÓ:
ING. LINCO JESÚS BELTRÁN OLÁN
COORDINADOR DE PROYECTO
CED. PROF.: 1750962

CORRESPONSABLES:

REVISIÓN:
E00

REVISÓ:
ESPECIALISTA

FECHA:
25/08/2026

HOJAS:
05 DE 05

VALIDÓ:
ING. MERLIN CHABLE CANTÓN
RESIDENTE DE OBRA DE LA SOTOP
CED. PROF.: 4600430

PROYECTISTA ESPECIALISTA:

ESCALA:
I N D I C A D A

ACOTACIONES:
EN METROS

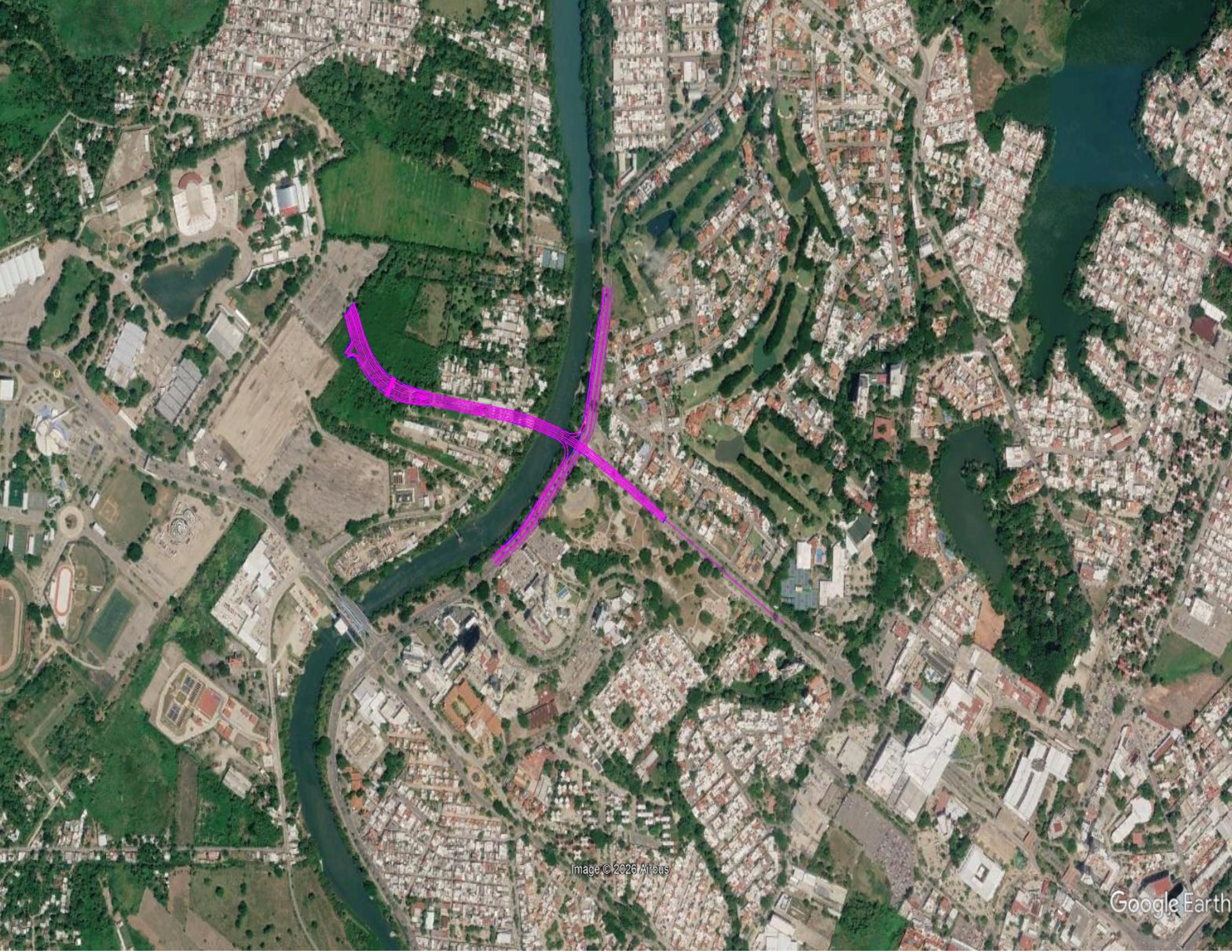


Image © 2026 Airbus
Google Earth



Nombre del proyecto:

"PROYECTO INTEGRAL VILLAHERMOSA 2030"

EXTENSIÓN DE PASEO TABASCO

Memoria Descriptiva

Fecha 07/09/2026 — VSA-PE-T1-GEN-MD-E03

MOTA-ENGIL MÉXICO · IDOM · VEA ARQUITECTOS · C&G Consultores en Ingeniería Hidráulica · TABASCO GOBIERNO DEL PUEBLO

<table>
<tr><td></td><td colspan="4">VSA-PE-T1-GEN-MD-E03</td></tr>
<tr><td rowspan="3">Rev. 03</td><td rowspan="3">Información Complementar</td><td>Realizado por:</td><td>_____</td><td rowspan="3">07/09/2026</td></tr>
<tr><td>Revisado por:</td><td>_____</td></tr>
<tr><td>Aprobado por:</td><td>_____
Leticia Giménez Benítez</td></tr>
</table>

ÍNDICE

1 Introducción 1
2 Objetivo General del Proyecto 3
3 Alcance 5
4 Normatividad Aplicable 7
5 Información general 9
5.1 LOCALIZACIÓN 9
5.2 ESTUDIOS PRELIMINARES 11
5.2.1 Levantamiento Topográfico 11
5.2.2 Estudio de Mecánica de Suelos 11
5.2.3 Estudio de la tenencia de la tierra 28
5.2.4 Estudio Hidrológico, Hidráulico y de Socavación 28
5.2.5 Estudio de Impacto Ambiental 30
5.2.6 Estudio de Movilidad 30
5.3 PROYECTO EXTENSIÓN PASEO TABASCO 31
5.3.1 Proyecto de preliminares, limpieza y remociones 31
5.3.2 Proyecto de Terracerías 31
5.3.3 Pavimentos 41
5.3.4 Señalización y control de tránsito 46
5.3.5 Drenaje 47
5.3.6 Estaciones 49
5.3.7 Guarniciones y banquetas 53
5.3.8 Urbanismo y Mobiliario Urbano 53
5.3.9 Paisaje 58
5.3.10 Proyecto de estructuras y servicios afectados y a colocar 63
5.3.11 Obras Inducidas 63
5.4 PROYECTO PUENTE CARRIZAL 84
5.4.1 Superestructura 85
5.4.2 Subestructura 89

5.4.3 Terracerías y accesos 96
5.4.4 Señalización y control de tránsito 97
5.4.5 Drenaje 97
5.4.6 Banquetas y elementos de seguridad 98
5.4.7 Alumbrado público 99
5.4.8 Obras Inducidas 99
6 Operación y Mantenimiento 106
6.1 Extensión Paseo Tabasco 106
6.2 Puente Carrizal 109

Índice de Figuras

Figura 1 Localización general del proyecto. 2
Figura 2 Planta de Localización de la Extensión de Paseo Tabasco y puente río Carrizal. 10
Figura 3 Localización general del Puente Río Carrizal. 10
Figura 4 Carta Geológica de la República mexicana a escala 1:2,000,000 (SGM 2019). 13
Figura 5 Unidades geológicas a escala 1:250,000 (Carta Geológico-Minera Frontera E15-8 Estados de Veracruz, Tabasco, Chiapas y Oaxaca, SGM 2004). 13
Figura 6 Geología regional en el área del proyecto (Carta Geológico-Minera Frontera E15-5 Tabasco y Campeche, Servicio Geológico Mexicano) 15
Figura 7 Tectónica del área de estudio. 17
Figura 8 Geomorfología regional de Tabasco (Zavala – Cruz et.al Geomorfología de Tabasco) 18
Figura 9 Red de drenajes zona Centro – Villahermosa (INEGI 2006). 21
Figura 10 – Sismos históricos con epicentro cercano a Villahermosa (México. Universidad Nacional Autónoma de México, I. d. G., Servicio Sismológico Nacional. (2026). Catálogo de sismos. Extraído de http://www2.ssn.unam.mx:8080/catalogo/) 22
Figura 11 Sismos históricos con epicentro cercano al puente sobre el río Carrizal (México. Universidad Nacional Autónoma de México, I. d. G., Servicio Sismológico Nacional. (2026). Catálogo de sismos. Extraído de http://www2.ssn.unam.mx:8080/catalogo/) 23
Figura 12 Regionalización sísmica de la República Mexicana (MDOC-2015, CFE). 24
Figura 13 Ejemplo de equipo de perforación a utilizar para el ensayo de penetración estándar (SPT). 27
Figura 14 Ejemplo de ejecución de pozo a cielo abierto. 27
Figura 15 Desbordamiento inicial en río Carrizal. 29
Figura 16 Sección transversal en el puente Carrizal antes de Desbordamiento. 30
Figura 17 Planta del Trazado de la Extensión Paseo Tabasco. 32
Figura 18 Sección tipo T1 de la Extensión Paseo Tabasco – anterior a la Estación Terminal. 32
Figura 19 Sección tipo T1.1 de la Extensión Paseo Tabasco – entre estaciones en zona de curva. 33
Figura 20 Sección tipo T1.2 de la Extensión Paseo Tabasco – entre estaciones en zona de curva despues de la Estación de Centro de Convenciones. 33
Figura 21 Sección tipo T2 de la Extensión Paseo Tabasco – Estación Terminal con 4m de ancho. 34
Figura 22 Sección tipo T2.1 de la Extensión Paseo Tabasco – entre estaciones en zona de recta despues de la Estación de Centro de Convenciones. 34

Figura 23 Sección tipo T2.2 de la Extensión Paseo Tabasco – entre estaciones en zona de curva....35
Figura 24 Sección tipo T3 de la Extensión Paseo Tabasco – entre estaciones en zona de recta.....35
Figura 25 Sección tipo T3 de la Extensión Paseo Tabasco – Zona de Estación con 3m de ancho.....36
Figura 26 Sección tipo T3.1 de la Extensión Paseo Tabasco – entre estaciones en zona de recta con camellón central reducido a 1.00m de ancho.....36
Figura 28 Sección transversal de terracerías y pavimentos.....42
Figura 34 Vista isométrica de Estación en Extensión Paseo Tabasco.....50
Figura 35 Vista en planta Estaciones Extensión Paseo Tabasco.....51
Figura 48 Vista en planta Obras Inducidas Extensión Paseo Tabasco.....64
Figura 63 Planta de Trazo Geométrico del Puente Río Carrizal.....85
Figura 64 Sección longitudinal y transversal del puente Río Carrizal.....86
Figura 65 Sección transversal del puente Río Carrizal.....87
Figura 69 Esquema conceptual de excavación del encepado - talud 2H:1V.....90
Figura 70 Esquema conceptual de tablestacado en margen del río para contención y excavación vertical.....91
Figura 71 Esquema de condición final desmonte y tablestacado.....92
Figura 76 Sección transversal de las rampas de acceso al Puente Carrizal con muros de concreto reforzado.....95
Figura 78 Sección transversal del puente.....99
Figura 79 Vista en planta Obras Inducidas Puente Carrizal.....100

Índice de Tablas

Tabla 5-1 Valores de la aceleración máxima en roca por zonas (MDOC-2015, CFE).....24
Tabla 5-3 Campaña de Geotécnica y Geofísica de Campo.....28
Tabla 5-4 Requisitos de calidad de los materiales para el cuerpo del Terraplén.....37
Tabla 5-5 Requisitos de calidad de los materiales para la capa Subyacente.....38
Tabla 5-6 Requisitos de calidad de materiales para capa Subrasante.....38
Tabla 5-7 Muestreo y pruebas para el material utilizado en cuerpo de Pedraplén y Material Granular.....39
Tabla 5-8 Características de los materiales generales para zonas generales (húmeda y seca).....39
Tabla 5-9 Características adicionales para zona húmeda.....39
Tabla 5-10 Requisitos de granulometría de los materiales para bases de pavimentos con carpetas de mezcla asfáltica de granulometría densa.....42
Tabla 5-11 Requisitos de calidad de los materiales para bases de pavimentos asfálticos.....44
Tabla 5-12 Requisitos de granulometría del material pétreo para mezclas asfálticas de granulometría densa.....44
Tabla 5-13 Requisitos de calidad del material pétreo para mezclas asfálticas de granulometría densa.....44
Tabla 5-14 Requisitos de calidad para mezclas asfálticas de granulometría densa, diseñadas mediante el método Marshall.....45
Tabla 5-15 Vacíos en el agregado mineral (VAM) para mezclas asfálticas de granulometría densa, diseñadas mediante el método Marshall.....45
Tabla 5-16 Listado de Obra Inducida Identificada en el trazado de Extensión Paseo Tabasco.....64

1 Introducción

El Proyecto Integral Villahermosa 2030 plantea la implementación de un conjunto de intervenciones de infraestructura orientadas a mejorar el sistema de movilidad urbana, mediante la consolidación de corredores viales estratégicos y la incorporación de infraestructura especializada para el transporte público.

El proyecto responde a la necesidad de contar con una red de movilidad más eficiente, segura y ordenada, capaz de atender las condiciones actuales de desplazamiento y adaptarse a los requerimientos futuros de la ciudad. En este sentido, se propone una reconfiguración funcional del espacio vial que permita optimizar la operación del tránsito, mejorar la conectividad entre zonas de interés y fortalecer la continuidad de los recorridos a lo largo de los principales corredores urbanos.

El objetivo principal es optimizar las condiciones de desplazamiento dentro de la ciudad, a través de una red vial más eficiente, continua y funcional, que permita reducir tiempos de recorrido y ordenar la operación del tránsito. De manera complementaria, el proyecto busca priorizar el transporte público sobre el transporte individual, mediante la integración de carriles confinados, estaciones y elementos operativos que favorezcan su funcionamiento, contribuyendo a una distribución más equilibrada del espacio vial.

Como parte de su alcance, el proyecto contempla el desarrollo y adecuación de diversos componentes de obra civil, estructurados en las siguientes intervenciones principales:

- **Extensión Paseo Tabasco.**
- **Puente Carrizal.**
- Intervención básica (tótems).
- Intervención media (paraderos y carriles confinados).
- Intervención Bosques de Saloya.
- Patio Taller Ciudad Industrial.
- Puente Ruiz Cortines.
- Paseo Tabasco, tramo Periférico – Ruiz Cortines.
- Paseo Tabasco, tramo Ruiz Cortines – Malecón.
- Intervención Francisco I. Madero.

Estas obras conforman de manera conjunta la base de la red de movilidad propuesta, permitiendo estructurar la continuidad de los corredores, mejorar la interconectividad entre distintos sectores de la ciudad y resolver puntos críticos dentro de la red vial existente.

Como parte del plan de movilidad, se prevé prolongar la Avenida Paseo Tabasco hacia poniente,

uniendo los dos Municipios Centro y Nacajuca a través de la construcción de un puente sobre el río Carrizal y la construcción de **Extensión Paseo Tabasco** que conectará al Boulevard Bicentenario a la altura del Parque Tabasco.

Esta nueva vialidad permitirá extender el principal eje urbano de la ciudad, Avenida Paseo Tabasco, conectando los diferentes centros urbanos, económicos y culturales, del centro de la ciudad con nuevas zonas residenciales en ascensión en distrito poniente, Parque Tabasco "Dora Maria", el Centro de Convenciones en construcción, entre otras atracciones culturales como el Museo Interactivo Papagayo y Olímpia XXI.

Se pretende reducir los tiempos de trayecto entre el Centro y zona poniente de la ciudad de Villahermosa, dar continuidad al eje de transporte público con carril de autobús dedicado, estaciones bidireccionales y demanda prevista al año 2040 de demanda de 1400 vehículos por sentido en hora punta.

El inicio del contrato está previsto para mayo de 2026, y se desarrolla como obra pública a cargo del Gobierno del Estado de Tabasco, a través de la Secretaría de Ordenamiento Territorial y Obras Públicas.

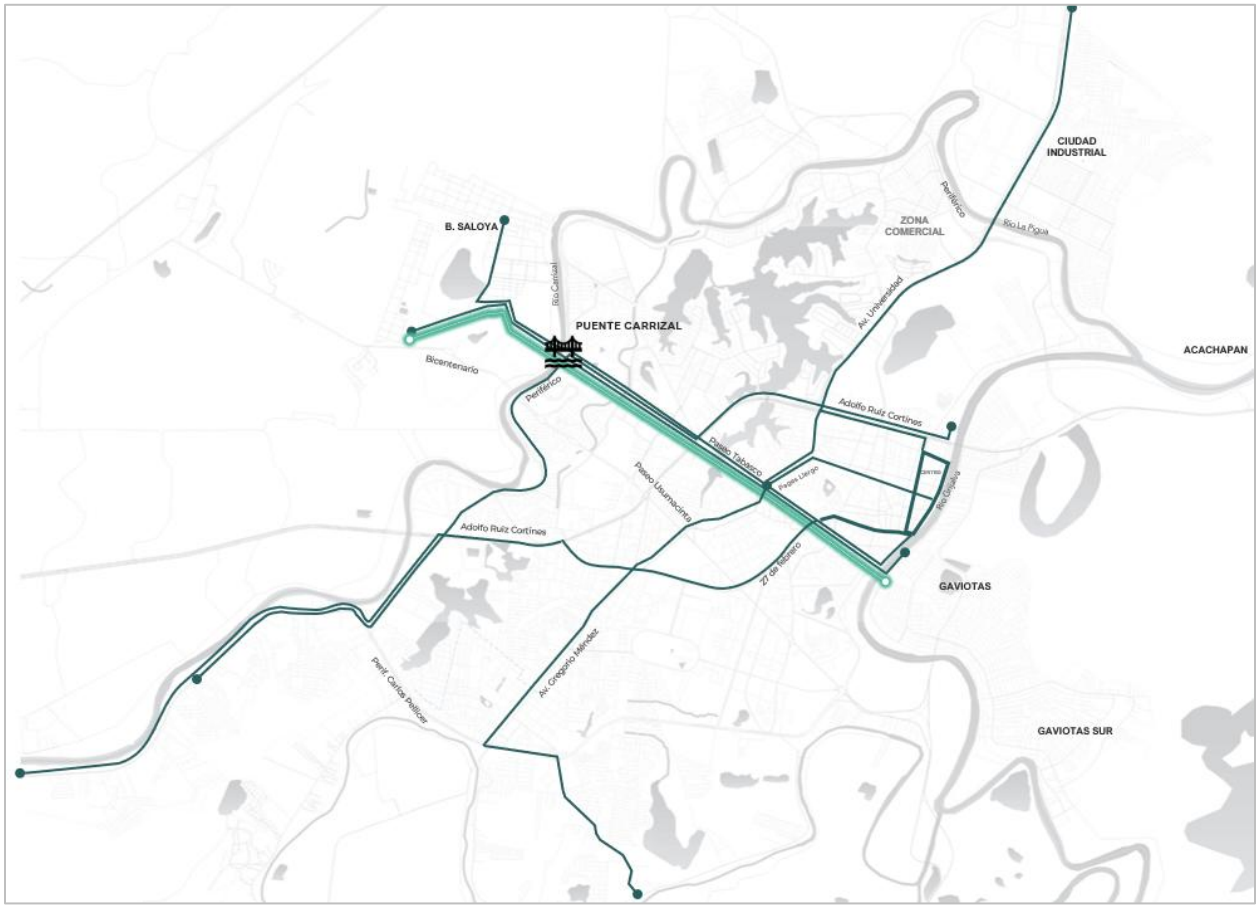


Figura 1 Localización general del proyecto.

2 Objetivo General del Proyecto

El objetivo principal del proyecto integral "Villahermosa 2030" es planear, diseñar y ejecutar un sistema urbano de movilidad sostenible y seguro, constituido por corredores viales modernizados e infraestructura especializada para el transporte público, interviniendo el espacio público e implementando sistemas de señalización, en atención a las siguientes generalidades:

• Garantizar la continuidad funcional del transporte público en los principales ejes metropolitanos.

• Mejorar la seguridad vial a través de la segregación de flujos y la protección de modos.

• Optimizar las condiciones de operación y mantenimiento del sistema.

• Elevar la calidad del servicio de transporte público, reduciendo tiempos de traslado, fortaleciendo la regularidad de operación y mejorando la experiencia del usuario.

• Consolidar un modelo de movilidad urbana integrado, donde los diferentes modos coexistan de forma ordenada, continua y segura.

• Contribuir al desarrollo urbano sostenible mediante intervenciones que mejoren la imagen de la ciudad.

OBJETIVOS PARTICULARES

El proyecto integral "Villahermosa 2030" contempla diferentes frentes, que en conjunto tienen la finalidad de consolidar un corredor continuo, seguro y eficiente, articulado con la operación del transporte público y con la movilidad peatonal.

En la **Extensión de Paseo Tabasco**, con una longitud aproximada de 2.1 km, el objetivo es construir un tramo completo que integre, por sentido, dos carriles mixtos y un carril confinado, con banquetas continuas. Además, se proyecta dotar al corredor con tres estaciones centrales bidireccionales y con la semaforización de cruces para priorizar la operación del transporte público y la seguridad del peatón.

Para el **Puente sobre el Río Carrizal**, de aproximadamente 580 m de longitud de viaducto y rampas, el objetivo es conectar la Avenida Paseo Tabasco a la zona poniente del río Carrizal, conectando a la Extensión de Paseo Tabasco, mediante una superestructura de tablero tipo cajón de concreto en combinación con rampas de acceso y ramales de conexión al Periférico Carlos Pellicer Cámara, con un ancho máximo de tablero 21.60 m desde poniente hasta el margen derecho del río. En ese punto se separan los 6 carriles en 4 carriles por el cuerpo central del puente que conectarán al centro de la Av. Paseo Tabasco, manteniendo la misma sección de cajón de concreto, con tablero de 15.60 m de ancho y terminando en rampas de concreto. Lateralmente al Periférico se desarrollan dos ramales de 300m de longitud, de un solo carril de cada lado del puente, que conectan el Periférico al cuerpo central del puente. Bajo puente se procura incorporar pasarela peatonal e incorporar espacios verdes, para descanso y realizar actividad deportiva.

3 Alcance

El presente documento pretende realizar una descripción del Proyecto de Extensión Paseo Tabasco, sus vertientes de proyecto de trazado geométrico y terracerías, estructural de puente Carrizal, drenaje transversal y longitudinal, proyecto de pavimentos y señalamiento; y descripción de los diferentes estudios preliminares para desarrollo del proyecto.

ESTUDIOS Y PROYECTO EJECUTIVO

A continuación, se enlistan los estudios y proyectos a desarrollar:

1. Estudios Preliminares
    1.1. Levantamiento topográfico del estado actual
    1.2. Estudio de mecánica de suelos
    1.3. Estudio de tenencia de la Tierra
    1.4. Estudio Hidrológico, Hidráulico y de Socavación
    1.5. Estudio de Impacto Ambiental
    1.6. Estudio de Movilidad

2. Proyecto Integral "Villahermosa 2030"
    2.1. Extensión Paseo Tabasco
        2.1.1. Proyecto de preliminares, limpieza y remociones
        2.1.2. Proyecto de terracerías
        2.1.3. Proyecto de pavimentos
        2.1.4. Proyecto de señalización y control de tránsito
        2.1.5. Proyecto de drenaje
        2.1.6. Proyecto de estaciones de bus
        2.1.7. Proyecto de guarniciones y banquetas
        2.1.8. Proyecto de estructuras y servicios afectados
    2.2. Puente Carrizal
        2.2.1. Proyecto de pavimentos
        2.2.2. Proyecto de estructuras mixtas de concreto y acero estructural

2.2.3. Proyecto de cimentaciones profundas

2.2.4. Proyecto de obra complementaria

2.2.5. Proyecto de drenaje

2.2.6. Proyecto de guarniciones y banquetas

2.2.7. Proyecto de servicios afectados

2.2.8. Proyecto de iluminación

2.2.9. Proyecto de mobiliario urbano

4 Normatividad Aplicable

De manera enunciativa, más no limitativa, el Proyecto deberá prestar los servicios objeto de los Términos de Referencia, dando cabal cumplimiento a los siguientes instrumentos normativos:

I. Constitución Política del Estado de Tabasco.

II. Ley General de Responsabilidades Administrativas.

III. Ley General de Asentamientos Humanos, Ordenamiento Territorial y Desarrollo Urbano.

IV. Ley General de Movilidad y Seguridad Vial.

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

VI. Ley General de Protección Civil.

VII. Ley General de Transparencia y Acceso a la Información Pública.

VIII. Ley General de Protección de Datos Personales en Posesión de Sujetos Obligados.

IX. Ley Orgánica del Poder Ejecutivo del Estado de Tabasco.

X. Ley de Obras Públicas y Servicios Relacionados con las Mismas del Estado de Tabasco.

XI. Ley de Asentamientos Humanos, Ordenamiento Territorial y Desarrollo Urbano del Estado de Tabasco.

XII. Ley de Caminos, Puentes y Autotransporte Federal.

XIII. Ley de Responsabilidades de los servidores públicos.

XIV. Ley de Presupuesto y Responsabilidad Hacendaria del Estado de Tabasco y sus Municipios.

XV. Ley de Justicia Administrativa del Estado de Tabasco.

XVI. Ley de Transparencia y Acceso a la Información Pública del Estado de Tabasco.

XVII. Ley de Protección Ambiental del Estado de Tabasco.

XVIII. Ley de Cambio Climático y Sustentabilidad del Estado de Tabasco.

XIX. Ley de Protección Civil del Estado de Tabasco.

XX. Ley de Protección de Datos Personales en Posesión de Sujetos Obligados del Estado de Tabasco.

XXI. Código Civil para el Estado de Tabasco.

XXII. Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente.

XXIII. Reglamento de la Ley de Obras Públicas y Servicios Relacionados con las Mismas del Estado de Tabasco.

XXIV. Reglamento de la Ley de Transparencia y Acceso a la Información Pública del Estado de

Tabasco.

XXV. Reglamento de la Ley de Protección Ambiental del Estado de Tabasco.

XXVI. Reglamento de la Ley de Protección Civil del Estado de Tabasco.

XXVII. Reglamento de construcciones del municipio del centro, del Estado de Tabasco.

XXVIII. NOM-004-SEDATU-2023.

5 Información general

La Extensión de Paseo Tabasco forma parte estratégica del Proyecto Integral "Villahermosa 2030" y consiste en la prolongación de un corredor urbano diseñado para integrar el sistema de transporte público con la red vial existente.

La infraestructura corresponde a una vialidad de jerarquía primaria con características de carretera tipo A4 conforme a la clasificación de la SICT, al contar con cuatro carriles para tránsito general, separación física mediante camellón central y conexión intermunicipal. Adicionalmente, incorpora un carril confinado para transporte público masivo, consolidándose como un corredor urbano de alta capacidad.

5.1 LOCALIZACIÓN

La Extensión de Paseo Tabasco es una arteria principal urbana que conecta dos municipios Centro y Nacajuca a través del puente sobre el río Carrizal que cruza a desnivel sobre la Carretera Bosques de Saloya y Periférico Carlos Pellicer Cámara; la extensión conecta a poniente con la glorieta del Boulevard Bicentenario (monumento Salvador Meme Castillo) y a oriente con la Avenida Paseo Tabasco existente por altura del Parque la Choca.

El proyecto de la avenida tiene origen en la intersección con Blvd. Bicentenario, en las coordenadas geográficas 18°00'23.72" de latitud Norte y 92°57'23.90" de longitud Oeste, y conecta al final con la Avenida Paseo Tabasco existente, en las coordenadas geográficas 18°00'28.47" de latitud Norte y 92°58'11.86" de longitud Oeste

El Puente sobre el río Carrizal se localiza en la ciudad de Villahermosa, Municipio de Centro, Estado de Tabasco, y corresponde a una estructura de cruce sobre el río Carrizal, en la intersección de Paseo Tabasco con el Periférico Carlos Pellicer Cámara, en las coordenadas geográficas 18°00'21.45" de latitud Norte y 92°57'13.77" de longitud Oeste.

El río Carrizal forma parte del sistema hidrográfico del bajo Grijalva y se caracteriza por desarrollar un trazo meándrico en una planicie aluvial de muy baja pendiente, dentro de una zona altamente influenciada por procesos fluviales y de inundación estacional. El cauce presenta márgenes bajas y materiales predominantemente aluviales, asociados a depósitos recientes de origen fluvial.

Desde el punto de vista hidrológico y ambiental, el río Carrizal es considerado un cuerpo de agua de importancia estratégica, por tal motivo, el área de estudio se encuentra sujeta a regulaciones ambientales. En términos generales, el entorno inmediato del proyecto corresponde a una planicie aluvial urbana, con niveles topográficos bajos.



Figura 2 Planta de Localización de la Extensión de Paseo Tabasco y puente río Carrizal.

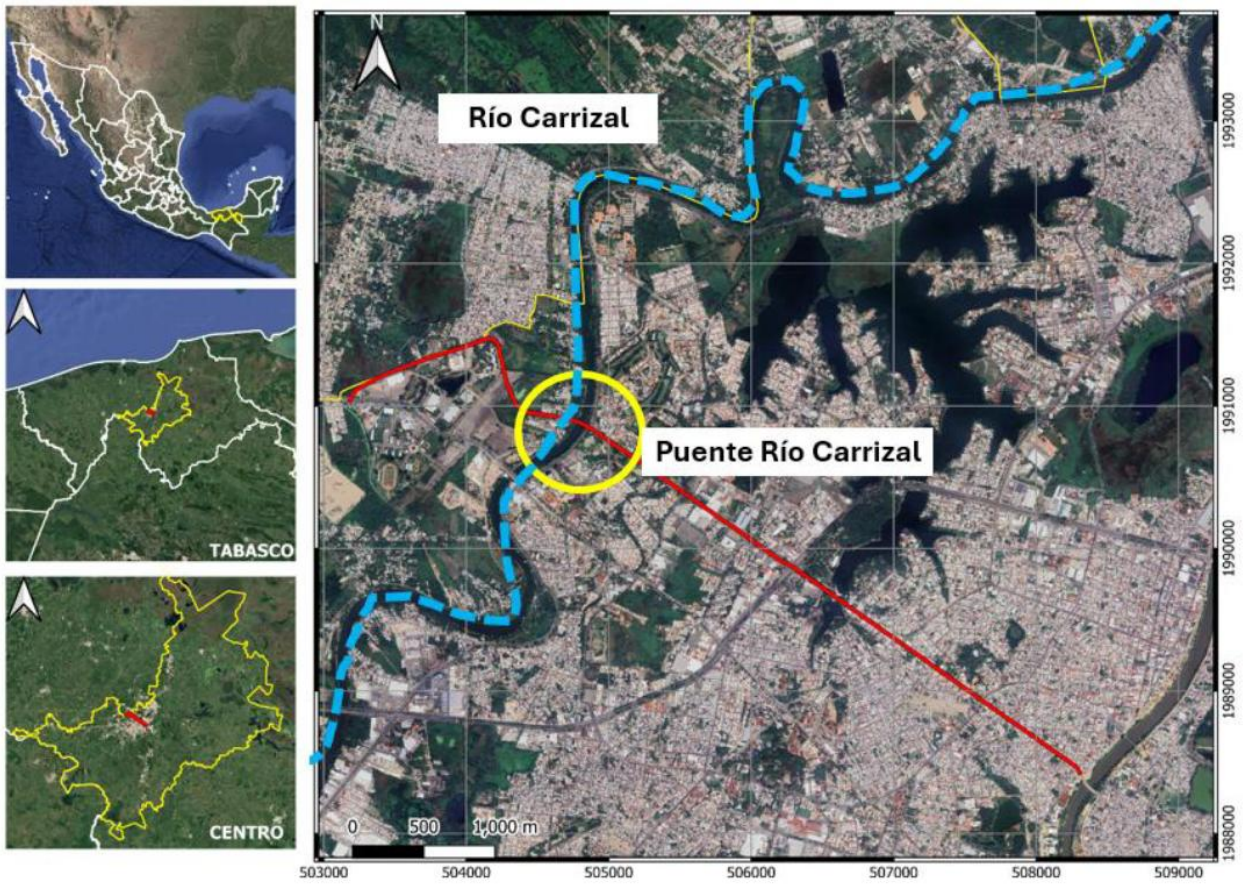


Figura 3 Localización general del Puente Río Carrizal.

5.2 ESTUDIOS PRELIMINARES

5.2.1 Levantamiento Topográfico

El levantamiento topográfico, es la primera fase del estudio técnico y descriptivo de un terreno, en el cual se examinan las características físicas, geográficas y geológicas y las variaciones o alteraciones existentes del mismo, con un conjunto de métodos y operaciones para medir, procesar y transmitir los datos del terreno, que permiten representar con mayor detalle y exactitud gráficamente en un plano y a escala reducida, marcando todos los puntos que tengan algún interés relevante, así como también si existen alteraciones en el terreno hechas por el hombre como construcciones, excavaciones, etc.

Los alcances incluyen visita al sitio, trazo de poligonal de apoyo, levantamiento topográfico a clásico y por medio de vuelo LiDAR, estudios de georradar para identificación de tubería subterránea, análisis de información y elaboración de planos y modelos 3d.

5.2.2 Estudio de Mecánica de Suelos

Determinar las propiedades físicas y mecánicas de los materiales del subsuelo del sitio, con el objeto de tener el modelo estratigráfico y determinar parámetros para efectuar el análisis geotécnico que permita diseñar y revisar geotécnicamente la cimentación propuesta y el estudio de terracerías y pavimentos para definir la estructura de capas. Con ello, seleccionar un adecuado diseño y procedimiento constructivo con la finalidad de garantizar la calidad integral del pavimento y de la cimentación donde se desplegarán las diversas estructuras requeridas en los frentes de obra, de acuerdo con las características geotécnicas particulares de la zona en estudio y a las propias del proyecto.

CONTEXTO GEOLÓGICO

La información relacionada con el contexto geológico, que enmarca información estratigráfica, geomorfológico, hidrogeológica y tectónica, se basa en la recopilación de información de entidades como el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), el Servicio Geológico Mexicano (SGM) y la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA).

La zona donde se proyecta el puente se localiza en la ciudad de Villahermosa, Estado de Tabasco, dentro de la provincia fisiográfica Planicie Costera del Golfo Sur de México y desde el punto de vista sedimentológico se encuentra dentro de la cuenca del Sureste. Esta región se caracteriza por relieves prácticamente planos y una marcada influencia fluvial asociada al sistema del río Grijalva.

GEOLOGÍA REGIONAL

La región Tabasco-Campeche forma parte de la extensa Planicie Costera del Golfo, un territorio dominado por un relieve plano y por la acumulación continua de sedimentos fluviales, lacustres y marino somero, derivados de la actividad de grandes sistemas hidrográficos como el Grijalva y el Usumacinta, los cuales han sido determinantes en la configuración geomorfológica e hidráulica de la región.

En la siguiente figura, se presenta la geología a escala regional de la zona de estudio, la cual corresponde a un acercamiento de la Carta Geológica de la República mexicana a escala 1:2,000,000, elaborada y publicada por el Servicio Geológico Mexicano (SGM).

Desde el punto de vista geológico-estructural, la ciudad de Villahermosa se localiza dentro de la provincia de las Cuencas del Sureste (Tabasco - Campeche), las cuales forman parte del sistema sedimentario del Golfo de México y limitan hacia el occidente con la Cuenca de Veracruz. Estas cuencas se desarrollan sobre el borde occidental de la Plataforma de Yucatán, un bloque cortical relativamente estable, de naturaleza predominantemente carbonatada, que ha condicionado la evolución estructural y sedimentaria regional.

La presencia de la Plataforma de Yucatán ha ejercido en parte un control importante en la geometría de la cuenca, favoreciendo procesos de subsidencia diferencial hacia el occidente, lo que permitió la acumulación de grandes espesores siliciclásticos en el área de Tabasco. Esta relación estructural explica el contraste entre el dominio carbonatado y rígido de Yucatán y el dominio sedimentario blando y altamente deformable que caracteriza la región de Villahermosa.

Durante el Neógeno y el Cuaternario se depositaron secuencias potentes de arenas, limos, arcillas y de manera subordinada gravas y conglomerados, las cuales contribuyeron a la expansión progresiva de la llanura costera hacia el Golfo de México. Estos depósitos se asocian principalmente a ambientes deltaicos, aluviales y pantanosos, favorecidos por condiciones de clima tropical húmedo, alta precipitación y una tectónica suave, lo que permitió la acumulación continua de sedimentos.

Los materiales cuaternarios, particularmente de edad pleistocena y holocena, cubren la mayor parte del territorio y controlan las características morfológicas e hidráulicas de la región, dando lugar a extensas planicies de inundación, suelos saturados y sistemas fluviales activos.

La configuración del subsuelo profundo está influenciada por estructuras geológicas heredadas de evolución regional del margen del Golfo de México y de la Plataforma de Yucatán, las cuales, aunque no siempre afloran en superficie condicionan la distribución de espesores sedimentarios y el marco estructural general de la zona.

A partir de la información existente, a continuación, se describen las principales unidades geológicas en el sector de estudio, mapeadas en escala 1:250,000 por el SGM. El detalle de las unidades geológicas a esta escala se presenta en la siguiente figura.



Figura 4 Carta Geológica de la República mexicana a escala 1:2,000,000 (SGM 2019).

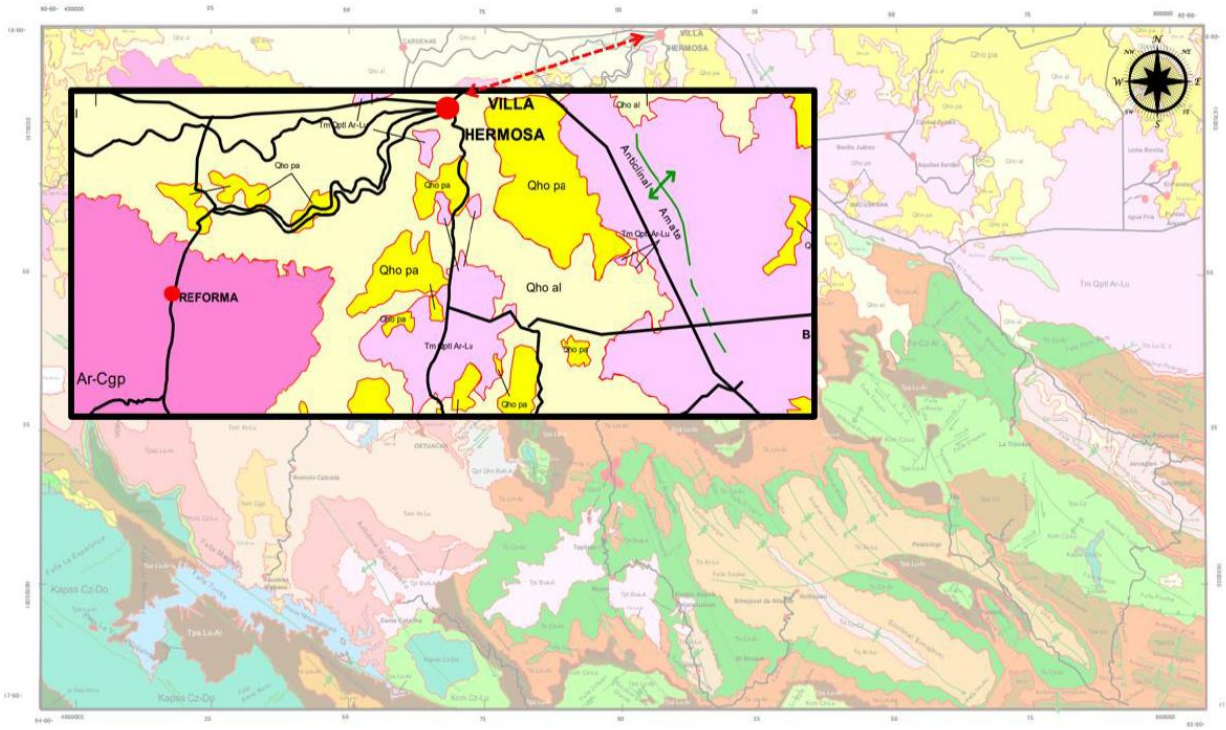


Figura 5 Unidades geológicas a escala 1:250,000 (Carta Geológico-Minera Frontera E15-8 Estados de Veracruz, Tabasco, Chiapas y Oaxaca, SGM 2004).

Estratigrafía

A continuación, y a partir de la memoria de la Carta Geológico-Minera Villahermosa E15-8, se describen las unidades de interés a lo largo del trazado del proyecto, correspondientes a aquellas que afloran dentro del área de influencia de este. Dichas unidades se encuentran enmarcadas principalmente en depósitos continentales de edad cuaternaria.

- **Arenas y limos (Qpt ar-lm)**

Consiste en depósitos de arenas y limos de color rojizo, ocasionalmente presentan lentes de grava sin consolidar, de clastos de rocas terrígenas y volcánicas de composición andesítica, la mayor parte de los componentes de estas arenas y limos pertenecen a partículas derivadas de la desintegración de la Formación Cedral.

- **Arenisca-Conglomerado Polimíctico (TmQpt Ar-Lu)**

Representa un episodio sedimentario más antiguo, correspondiente al intervalo Plioceno–Pleistoceno, cuando la región experimentaba condiciones fluviales más energéticas que las actuales.

Esta unidad está compuesta por areniscas ligeramente consolidadas y conglomerados polimícticos con clastos de diversas litologías, lo que indica transporte desde zonas internas como la Sierra de Chiapas y la existencia de sistemas de abanicos aluviales y ríos entrelazados capaces de mover sedimentos gruesos antes de que la planicie se estabilizara en su forma moderna. Estas rocas marcan una transición entre ambientes continentales activos y los ambientes pantanosos y deltaicos que dominarían posteriormente, constituyendo la base topográfica sobre la cual se asentaron los depósitos holocenos.

Esta unidad recubre concordantemente a la Formación Filisola (Tm Ar-Lu), la cual es la unidad más antigua presente en la zona, sin embargo, no presenta afloramientos en el área de influencia del proyecto.

- **Depósitos Aluviales (Qho al)**

Corresponde a los depósitos aluviales del Holoceno formados directamente por la acción de ríos activos y antiguos canales que redistribuyen gravas, arenas, limos y arcillas a lo largo de planicies inundables de baja pendiente. Se compone de materiales sueltos y no consolidados que reflejan la energía variable de los flujos fluviales actuales, generando barras, rellenos de cauce y extensas llanuras de inundación en constante transformación. Al ser depósitos muy recientes, su espesor, textura y grado de selección dependen de las variaciones hidrológicas propias del clima tropical húmedo, lo que explica su fertilidad agrícola pero también su susceptibilidad a inundaciones recurrentes y a deformaciones del terreno.

- **Depósitos Palustres (Qho pa)**

Esta unidad está asociada a ambientes palustres holocenos, formados en depresiones topográficas donde el drenaje es escaso y la saturación del suelo es prácticamente permanente. Estos depósitos están compuestos por limos finos, arcillas orgánicas e incluso turbas, acumuladas en ciénagas, pantanos y lagunas someras que caracterizan amplias áreas de la planicie costera. Su génesis está

estrechamente vinculada al clima húmedo, al aporte constante de sedimentos finos y a la colmatación progresiva de cuerpos de agua.

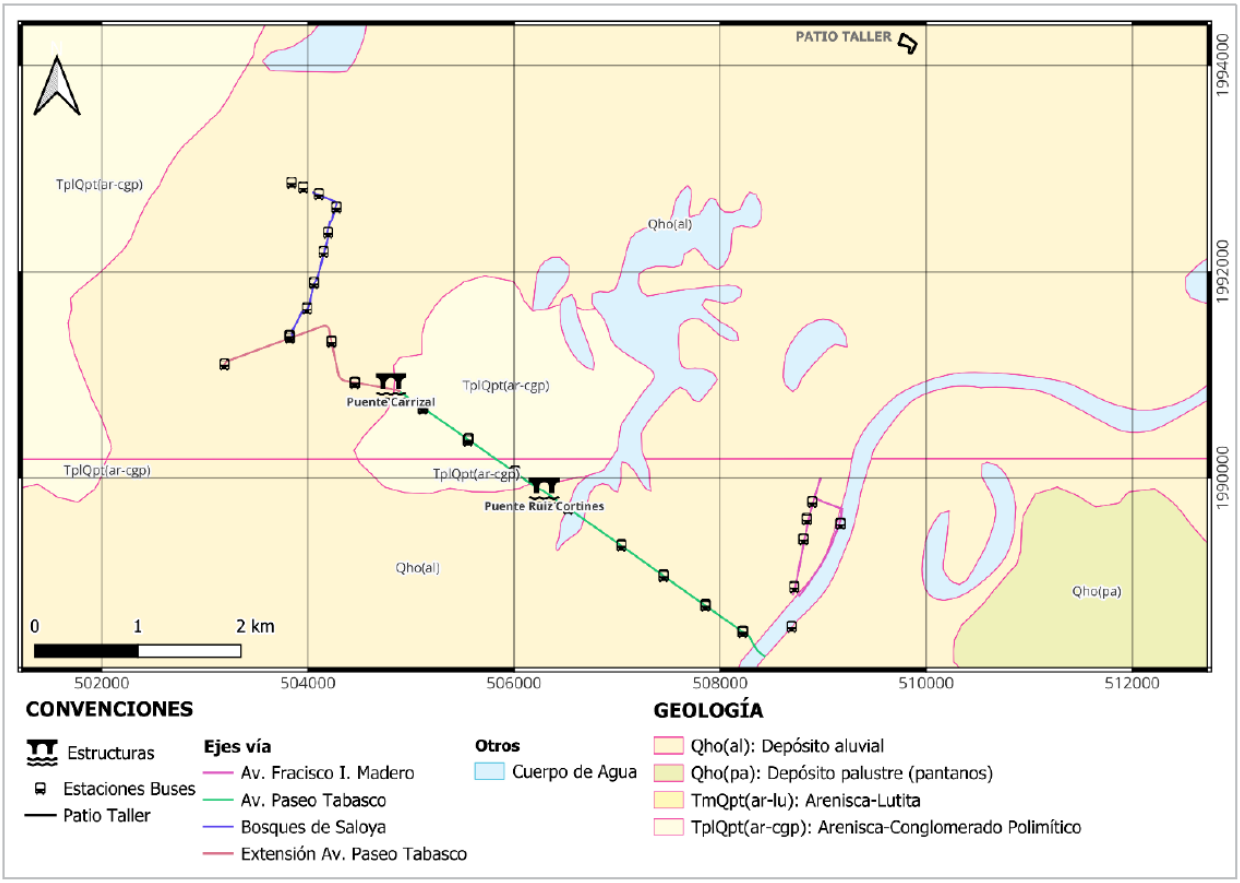


Figura 6 Geología regional en el área del proyecto (Carta Geológico-Minera Frontera E15-5 Tabasco y Campeche, Servicio Geológico Mexicano).

Geología Estructural

A nivel regional, la expresión superficial de fallamiento en Villahermosa es relativamente limitada debido al predominio de depósitos cuaternarios y al relieve plano característico de la Planicie Costera del Golfo de México. No obstante, la Carta Geológico-Minera Villahermosa E15-8 ubica a Villahermosa dentro de una región tectónicamente compleja perteneciente a las Cuencas del Sureste, un amplio sistema sedimentario desarrollado desde el Mesozoico y afectado en diversos procesos tectónicos que controlaron la configuración estructural regional.

La deformación estructural regional está representada principalmente por sistemas de pliegues y cabalgaduras con orientación preferencial noroeste–sureste (NW–SE), desarrollados principalmente hacia las zonas serranas del sur y sureste del área cartografiada. Estas estructuras están asociadas a los esfuerzos compresivos relacionados con la Orogenia Laramide y, posteriormente, con la deformación tectónica de la Sierra de Chiapas. Entre las principales estructuras regionales

identificadas en la Carta Geológico – Minera Villahermosa E15-8 destacan las cabalgaduras de Tapijulapa, Atantún, Paxilhá y Tulijá, así como anticlinales y sinclinales de extensión regional que controlan la geometría y distribución de las unidades sedimentarias profundas.

En el área específica de Villahermosa, la expresión estructural superficial es mucho más suave debido al predominio de depósitos cuaternarios recientes de origen aluvial, lacustre y palustre, los cuales cubren gran parte de las estructuras profundas. Como resultado, en superficie predominan terrenos prácticamente planos y de baja pendiente, asociados a la llanura aluvial del río Grijalva y el río Carrizal. Sin embargo, el subsuelo presenta variaciones laterales en espesor sedimentario y deformaciones suaves heredadas de eventos tectónicos regionales. Estas condiciones generan heterogeneidad estratigráfica y geométrica en profundidad, generando heterogeneidad estratigráfica y geométrica en profundidad.

Tectónica

El área de estudio se localiza dentro de una cuenca sedimentaria asociada al margen continental del Golfo de México, cuya evolución tectónica ha estado dominada principalmente por procesos de subsidencia progresiva y acumulación sedimentaria continua durante el Mesozoico. Esta dinámica favoreció el depósito de espesos paquetes de sedimentos fluviales y deltaicos que conforman gran parte del subsuelo regional, por lo tanto, en Villa hermosa predomina la compactación sedimentaria más que la deformación tectónica superficial activa. La influencia de los sistemas compresivos asociados a la Sierra de Chiapas disminuye hacia la llanura costera, donde la evolución en términos geomorfológicos está controlada principalmente por procesos sedimentarios y fluviales.

En la Figura 8, a partir de la información disponible en el mapa interactivo del Servicio Geológico Mexicano, se muestran a diferentes escalas los elementos estructurales alrededor de la zona de estudio en la cual, se ve esa disminución de los sistemas compresivos hacia la llanura costera.

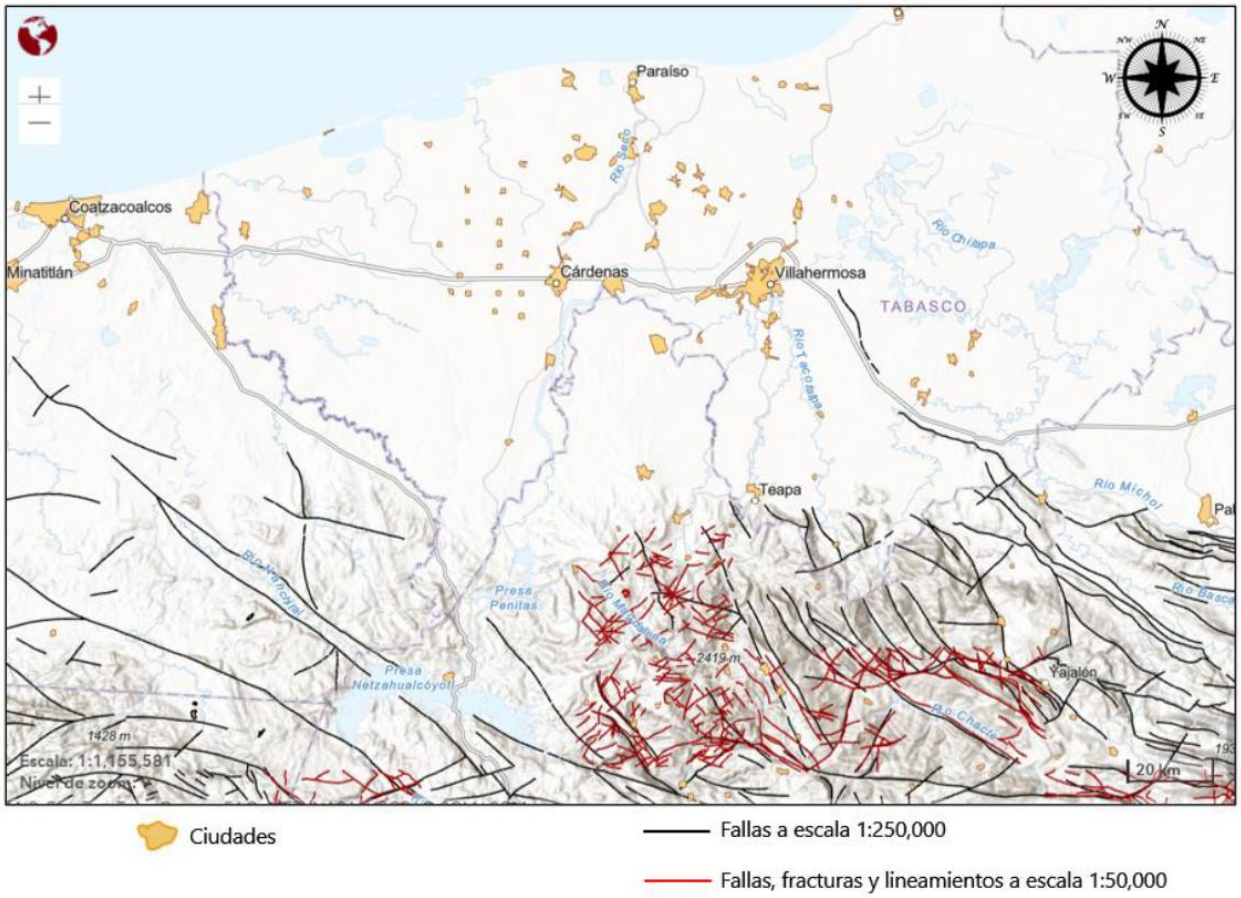


Figura 7 Tectónica del área de estudio.

Geomorfología

A nivel regional, y a partir de los paisajes geomorfológicos, el territorio del estado de Tabasco presenta una notable diversidad geomorfológica, integrada por tres grandes ambientes morfogenéticos, la primera es PCGS (Planicie Costera del Golfo Sur), que ocupa la mayor parte del territorio y se caracteriza por extensas planicies de acumulación fluvial y costera recientes; la segunda es la PY (Plataforma de Yucatán), asociada a relieves carbonatados de origen disolucional al oriente del estado; y por último, SCHG (Sierra de Chiapas y Guatemala), conformada por relieves estructurales plegados de mayor elevación en el sur y oriente. Adicionalmente, se tiene un conjunto de doce paisajes geomorfológicos. Los de mayor extensión corresponden a las terrazas costeras, las planicies palustres, las planicies fluviales activas y las planicies fluvio-deltaicas inactivas, todas ellas asociadas a la Planicie Costera del Golfo Sur.

Estos paisajes reflejan una dinámica dominante de procesos fluviales, palustres y costero-deltaicos recientes, los cuales controlan la configuración del relieve actual. Las planicies de edad holocena se caracterizan por superficies de baja pendiente modeladas por la acción continua de ríos, inundaciones y procesos de acumulación, mientras que las terrazas costeras, lomeríos y zonas

montañosas corresponden a relieves más antiguos y elevados, desarrollados sobre distintas litologías sedimentarias y volcánicas. En sectores de carácter kárstico, el relieve está condicionado principalmente por la disolución de rocas carbonatadas, con formas abruptas y pendientes marcadas que favorecen la erosión y una morfodinámica activa.

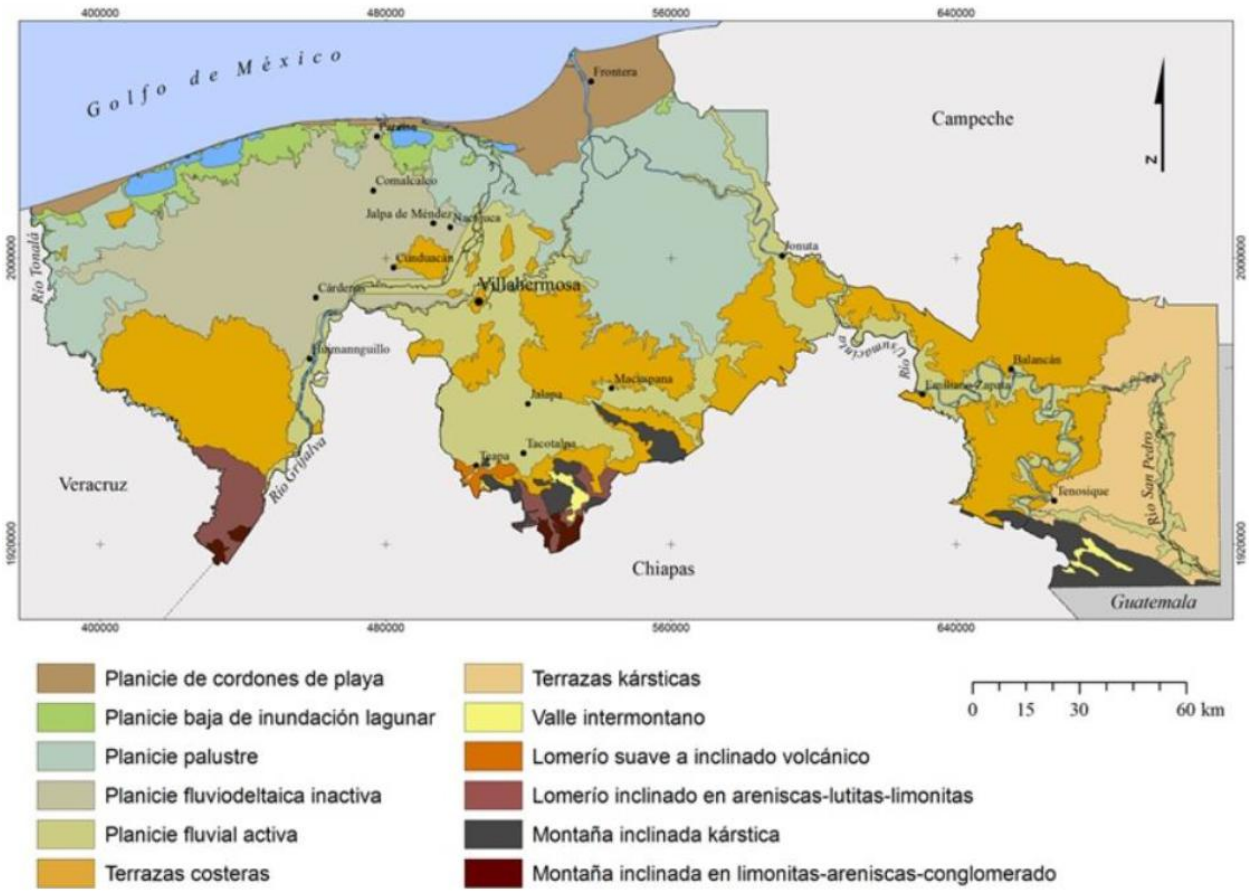


Figura 8 Geomorfología regional de Tabasco (Zavala – Cruz et.al Geomorfología de Tabasco).

Con base en el relieve del terreno y particularmente en el área del proyecto, de acuerdo con los datos del INEGI, el trazo transcurre sobre terrazas costeras adyacentes a planicies fluviales activas. En general la geomorfología del terreno puede dividirse en las unidades que fisiográficamente componen las planicies y las elevaciones. Entre las topoformas que componen las elevaciones se incluyen lomeríos, mesetas y sierras; los cuales están mayormente asociados a rocas volcánicas producto de derrames lávicos y piroclásticos, donde son comunes las estructuras volcánicas y algunos lomeríos están asociados a aluviones.

GEOLOGÍA DEL SITIO

El sitio específico del proyecto se ubica en una planicie aluvial activa cercana al cauce donde se implantará el puente. La topografía es prácticamente horizontal y los materiales superficiales corresponden a suelos finos recientes.

El subsuelo está conformado por una secuencia de suelos limo-arcillosos blandos en superficie, seguidos por arcillas de media a alta plasticidad con intercalaciones de limos y arenas finas. El nivel freático es somero y puede presentar variaciones estacionales importantes.

De acuerdo con la información geológica regional del Estado de Tabasco y con el contexto geomorfológico del río Carrizal, el área donde se proyecta el puente se localiza dentro de una planicie aluvial cuaternaria, caracterizada por la acumulación de sedimentos fluviales recientes asociados al sistema del bajo Grijalva. La estratigrafía local típica en el puente se describe a continuación:

Depósitos aluviales recientes (Q-al)

La unidad corresponde a depósitos aluviales recientes asociados a la dinámica fluvial de llanura de inundación y migración lateral de canales, conformados por una secuencia heterogénea de materiales fino granulares y granulares distribuidos de manera lateral y verticalmente variable.

Predominan lateralmente los materiales cohesivos correspondientes a limos arenosos, arcillas y arcillas arenosas (UG-1) de coloraciones café, gris, gris oscuro y localmente verdosas o rojizas, con plasticidad baja a alta y condiciones de humedad predominantes. Estos materiales presentan consistencias variables entre muy blandas y duras, observándose hacia superficie niveles más blandos, mientras que en profundidad aumentan la consistencia. Localmente se identifican tonalidades rojizas y verdosas asociadas a procesos de oxidación–reducción y variaciones en el drenaje del depósito.

Intercalados dentro de la matriz cohesiva se presentan lentes y horizontes discontinuos de materiales granulares (UG-2) constituidos por arenas limosas y arenas con limo de color café grisáceo a gris oscuro, con compacidad variable entre muy suelta y densa, predominando estados sueltos a medios. Estos cuerpos arenosos presentan geometría lenticular y continuidad lateral limitada, principalmente hacia el sector noroccidental del puente y en niveles intermedios de la secuencia estratigráfica, donde se interpreta un incremento local de la energía deposicional asociado a antiguos canales.

La disposición espacial de las unidades evidencia una alternancia típica de facies de llanura aluvial, con depósitos finos de desborde predominantes y cuerpos arenosos canalizados subordinados. Los niveles cohesivos representan sedimentación de baja energía en ambientes de inundación y decantación, mientras que los lentes arenosos corresponden a eventos episódicos de mayor energía hidráulica relacionados con migración de cauces, depósitos de canal y reactivaciones fluviales.

En conjunto, la secuencia se interpreta como un sistema aluvial reciente de energía variable, dominado por depósitos finos cohesivos con intercalaciones arenosas lenticulares subordinados, desarrollado en un ambiente fluvial activo con procesos de inundación periódica y migración lateral de canales.

HIDROGEOLOGÍA

La zona de estudio se caracteriza por una intensa interacción entre las aguas subterráneas someras y los principales sistemas fluviales, situación que está fuertemente condicionada por la elevada pluviosidad, la baja pendiente topográfica y la naturaleza predominantemente permeable de los materiales superficiales. Estas condiciones favorecen procesos de infiltración generalizada y un intercambio directo y continuo entre los cuerpos de agua superficial y el sistema acuífero somero.

La ciudad de Villahermosa se localiza dentro de la región hidrológica Grijalva-Usumacinta, una de las más relevantes de México en términos de extensión territorial y magnitud de caudales. El régimen hidrológico permanente de los ríos Grijalva, Carrizal y Usumacinta, en conjunto con la presencia de lagunas, zonas inundables y ambientes palustres, genera un escenario hidrológico altamente dinámico, que propicia una recarga difusa del acuífero, así como un intercambio bidireccional constante entre agua superficial y subterránea, particularmente durante periodos de crecida y estiaje.

Desde el punto de vista hidrogeológico regional, el subsuelo está constituido por una secuencia de sedimentos aluviales y fluvio-deltaicos de edad reciente, integrados principalmente por arenas, limos arenosos y arcillas, que conforman medios acuíferos someros de tipo libre, con alta conectividad hidráulica. En este contexto, el área urbana de Villahermosa se encuentra influenciada por el acuífero Samaria-Cunduacán.

Acuífero Samaria-Cunduacán

De acuerdo con la información reportada por la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA, 2024), el sistema hidrogeológico regional corresponde a un acuífero de tipo semiconfinado, desarrollado dentro de una secuencia predominantemente arcillo-arenosa, en la que se intercalan lentes discontinuos de arenas y gravas que constituyen los niveles acuíferos de mayor productividad. Al emplazarse en una planicie costera, el medio hidrogeológico es de carácter granular y poroso, presentando una marcada heterogeneidad hidráulica asociada a los cambios litológicos laterales y verticales, lo que se refleja en permeabilidades variables dentro del sistema.

La recarga subterránea del acuífero ocurre principalmente desde los sectores sur y suroeste, vinculada a los aportes provenientes de la Sierra de Chiapas, donde se generan gradientes hidráulicos favorables para el flujo regional. A partir de estas zonas de recarga, el flujo subterráneo presenta una dirección preferente hacia el norte y noroeste, concordante con las áreas de descarga regional, en las cuales las aguas subterráneas contribuyen a la alimentación del acuífero de Centla, reforzando la interconexión hidrogeológica entre los distintos sistemas acuíferos del área.

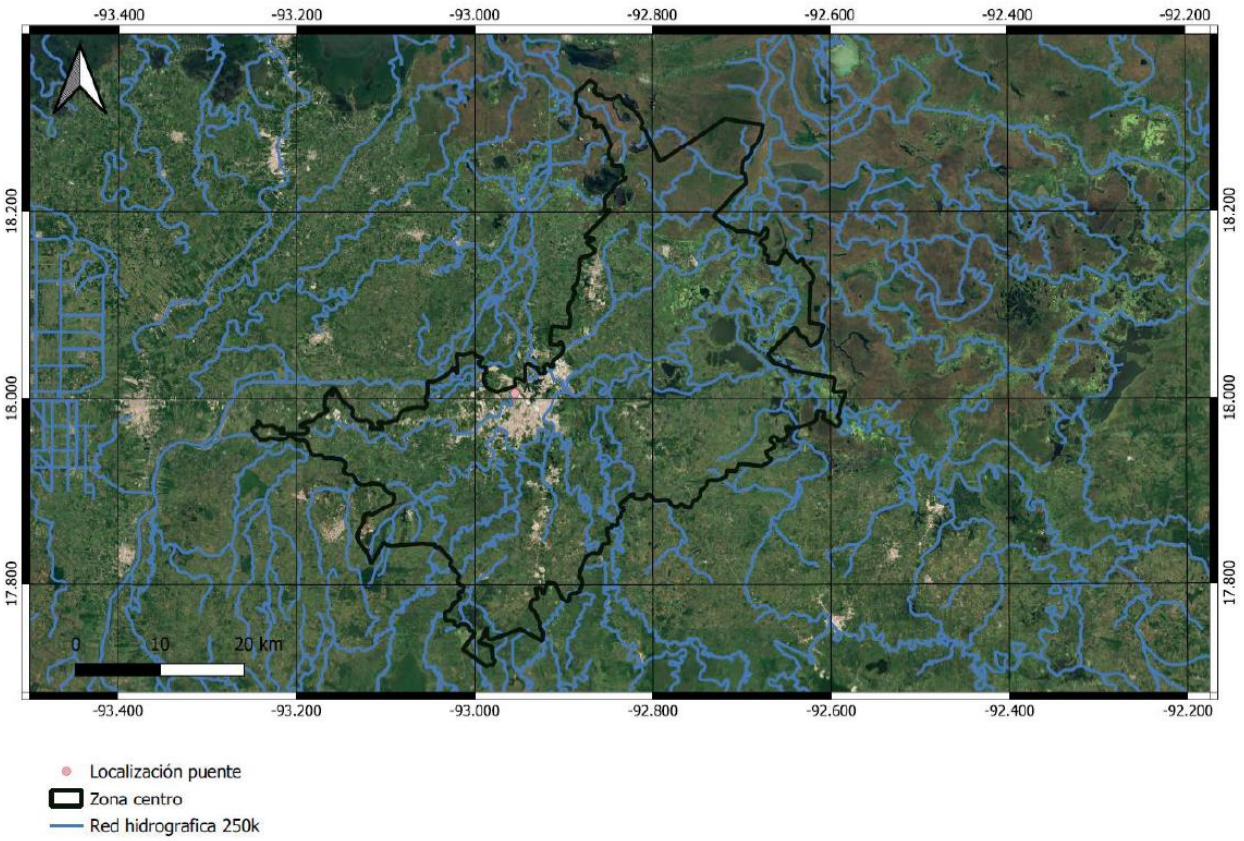


Figura 9 Red de drenajes zona Centro – Villahermosa (INEGI 2006).

Nivel de Aguas Freáticas

En toda la secuencia estratigráfica descrita se presenta un nivel freático somero, generalmente ubicado dentro de los primeros metros del perfil, con fluctuaciones asociadas al régimen hidrológico del río Carrizal y a la temporada de lluvias. Esta condición es característica de la planicie aluvial donde se ubica Villahermosa y debe ser considerada en el diseño y construcción del puente.

ANÁLISIS DE RIESGO SÍSMICO DE GEOTECNIA

El proyecto se localiza en una zona de sismicidad moderada. La presencia de suelos blandos puede inducir amplificación sísmica, por lo que el diseño considera criterios sísmicos acordes, manteniendo el riesgo en niveles aceptables.

Sismicidad

En el estado de Tabasco y particularmente Villahermosa se localizan en una zona de baja a moderada sismicidad dentro del Municipio de Centro, los movimientos sísmicos registrados en la región son generalmente de baja magnitud y frecuencia. A partir de información de (SMIE - Sociedad Mexicana Ingeniería Estructural) la actividad sísmica local es limitada, en la región pueden percibirse sismos

originados en zonas tectónicamente activas en los estados de Chiapas, Oaxaca y Guerrero, asociados a interacciones entre las placas de Cocos, Caribe y Norteamérica.

En la siguiente figura se presenta el mapa de sismicidad histórica en el área de Villahermosa, Estado de Tabasco, en el cual se indica la distribución espacial de eventos sísmicos registrados en la región.

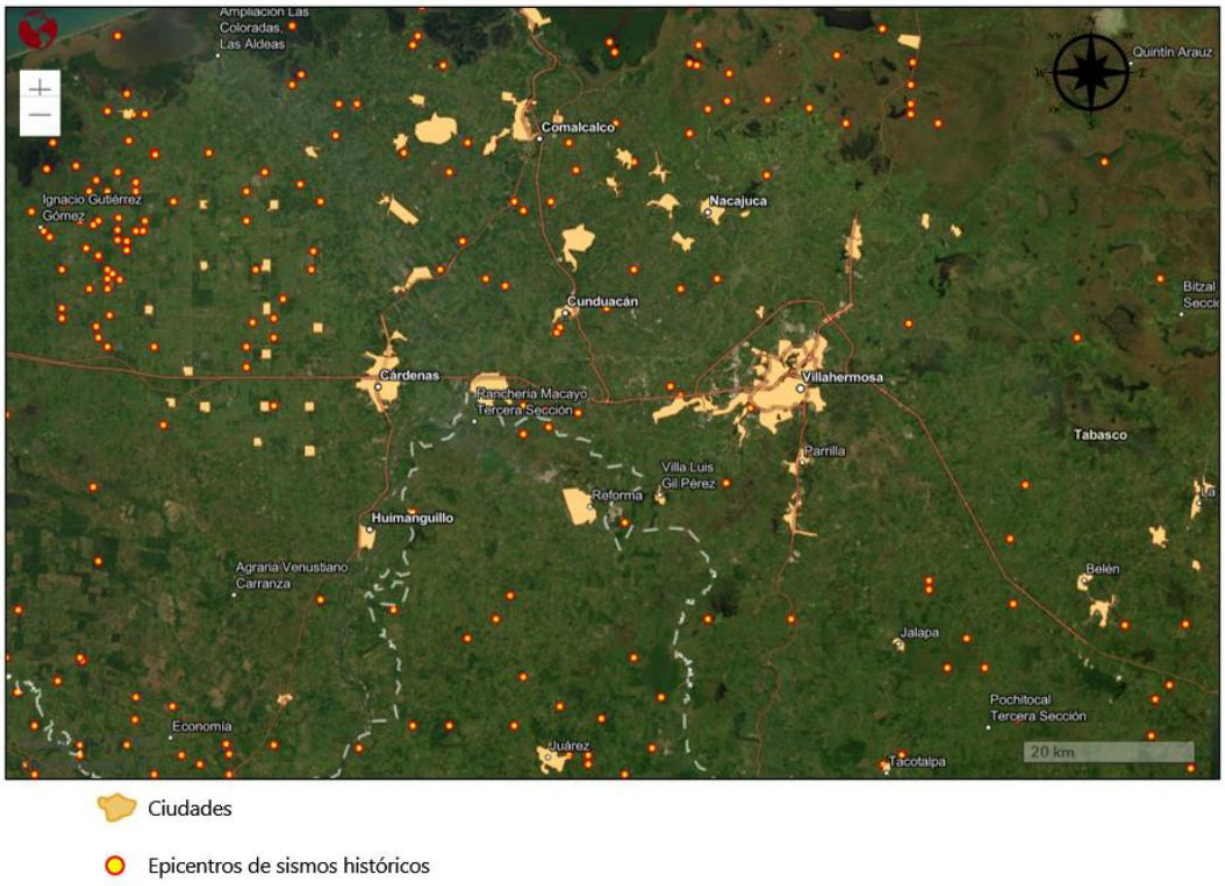


Figura 10 – Sismos históricos con epicentro cercano a Villahermosa (México. Universidad Nacional Autónoma de México, I. d. G., Servicio Sismológico Nacional. (2026). Catálogo de sismos. Extraído de http://www2.ssn.unam.mx:8080/catalogo/)

De acuerdo con información del Servicio Sismológico Nacional, los eventos registrados en el entorno regional presentan magnitudes moderadas, generalmente del orden de 3.7 a 4.1, como se muestra en la siguiente figura.

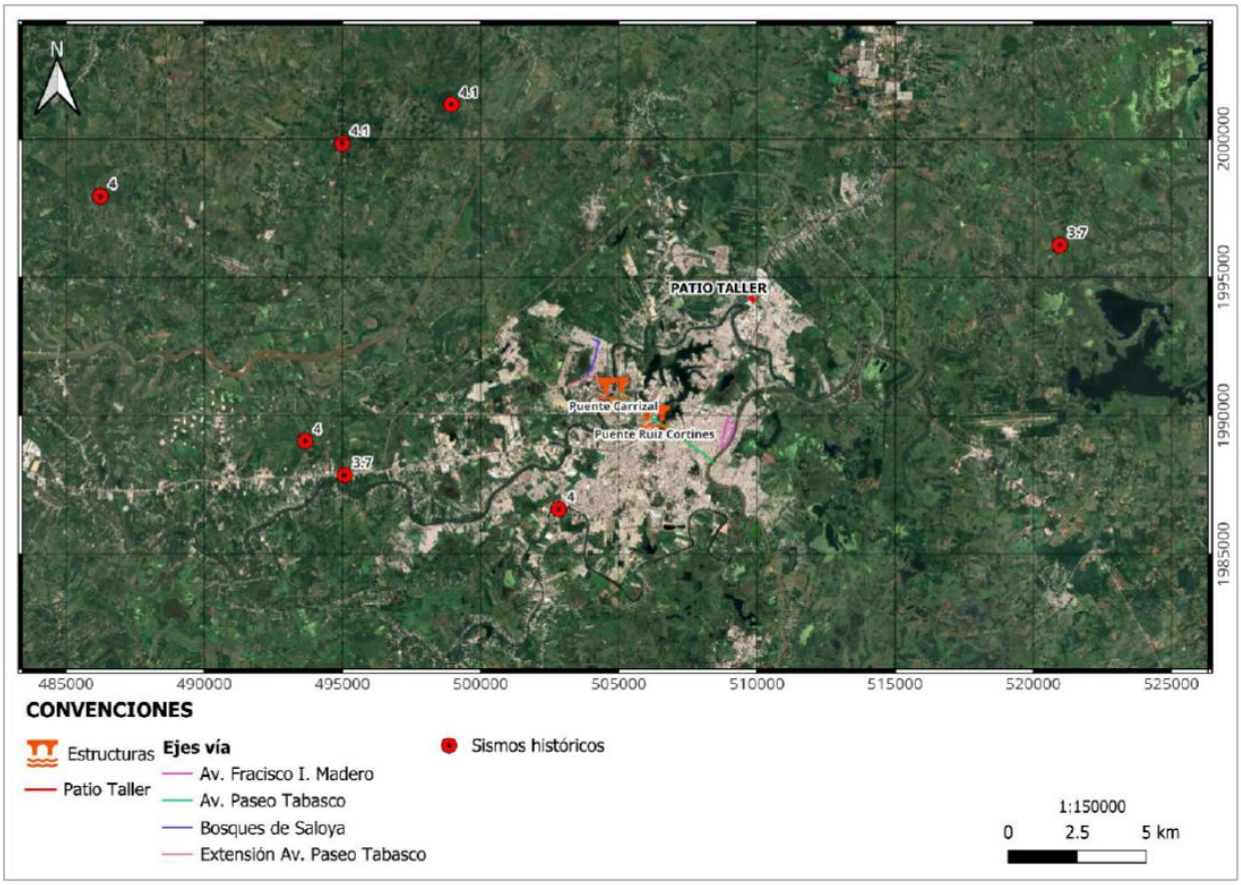


Figura 11 Sismos históricos con epicentro cercano al puente sobre el río Carrizal (México. Universidad Nacional Autónoma de México, I. d. G., Servicio Sismológico Nacional. (2026). Catálogo de sismos. Extraído de http://www2.ssn.unam.mx:8080/catalogo/).

La distribución de los eventos sísmicos mostrados en la figura evidencia que la ciudad de Villahermosa se ubica en una zona de baja a moderada sismicidad, sin presencia de fallas geológicas activas superficiales asociadas directamente al área urbana donde se localiza el proyecto. En este contexto, la amenaza sísmica que puede afectar al Puente Carrizal está principalmente asociada a la influencia regional de eventos sísmicos lejanos, más que a fuentes sísmicas locales.

La figura también permite inferir que la respuesta sísmica del sitio estará condicionada principalmente por las características geotécnicas del subsuelo, dado que el área se encuentra emplazada sobre una planicie aluvial con depósitos recientes de suelos blandos. En consecuencia, los efectos sísmicos potenciales en el proyecto están relacionados con fenómenos de amplificación sísmica local, lo cual debe ser considerado en el análisis de riesgo sísmico de geotecnia y en el diseño estructural del puente.

La información presentada en la figura constituye un insumo fundamental para la evaluación del riesgo sísmico desde el enfoque geotécnico, permitiendo contextualizar el nivel de amenaza sísmica regional y justificar la adopción de criterios de diseño acordes con la normativa aplicable y con las

condiciones particulares del sitio del Puente Carrizal.

REGIONALIZACIÓN SÍSMICA

De acuerdo con la regionalización sísmica de la República Mexicana del Manual de Diseño de Obras Civiles en su capítulo C.1.3. diseño por sismo, la Ciudad de Villahermosa se encuentra localizada en la zona Sísmica C, como se indica en la siguiente figura. Por tal motivo, la aceleración máxima en roca (a_{or}) para el puente sobre el río Carrizal se encuentra en un rango de 100 a 200 cm/s2, con una intensidad sísmica Alta, en la siguiente tabla se presenta para cada zona los valores de la aceleración máxima en roca y su relación con la intensidad sísmica.

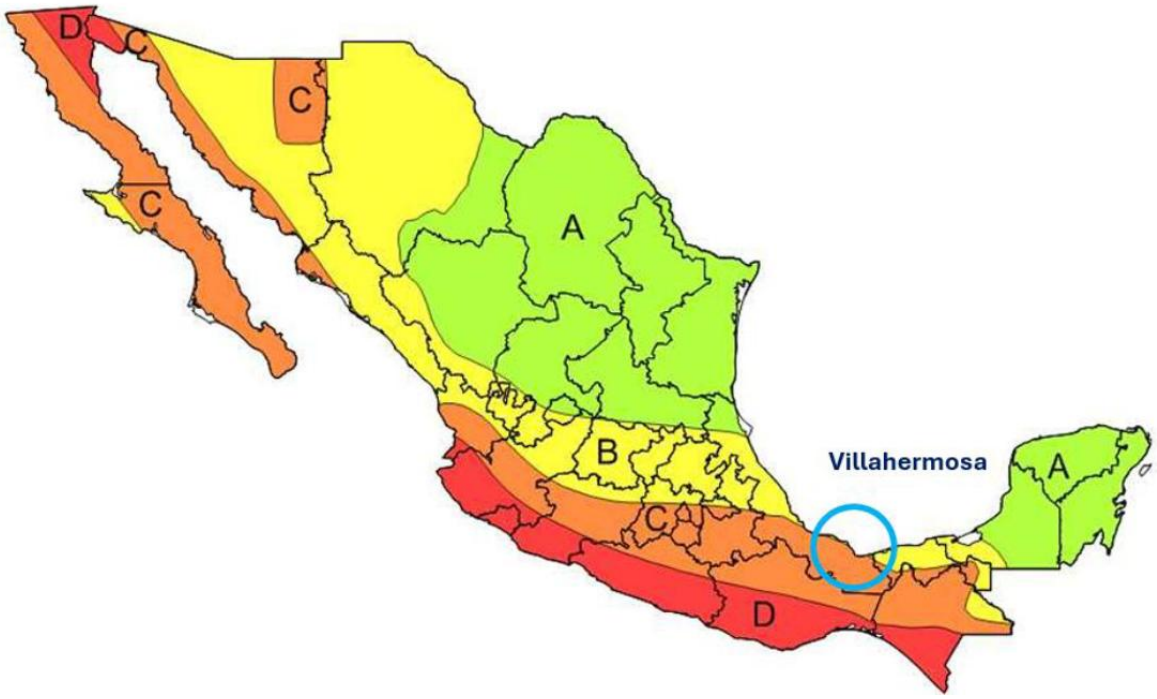


Figura 12 Regionalización sísmica de la República Mexicana (MDOC-2015, CFE).

Tabla 5-1 Valores de la aceleración máxima en roca por zonas (MDOC-2015, CFE).

Aceleración máxima en roca, a_0^r (cm/s²), correspondiente al nivel de referencia ER	Zona	Intensidad sísmica
$a_0^r \geq 200$	D	Muy Alta
$100 \leq a_0^r < 200$	C	Alta
$50 \leq a_0^r < 100$	B	Moderada
$a_0^r < 50$	A	Baja

Debido a que el movimiento del suelo en sitios de terreno blando es muy diferente del que ocurre en terreno firme a causa de la amplificación dinámica que sufren las ondas sísmicas al propagarse a través de medios deformables; el terreno de la cimentación se clasifica a partir de los parámetros Hs y Vs.

Donde Hs, es el espesor de suelo susceptible a amplificación dinámica y Vs, la propagación de ondas de corte.

De acuerdo con el manual el terreno se clasifica como:

- TIPO I Terreno firme o rocoso en que no se presentan amplificaciones dinámicas: Depósito de suelo con VS ^{3} 720 m/s ó HS ≤ 2 m.
- TIPO II Terreno formado por suelos en que se presentan amplificaciones dinámicas intermedias: Depósito de suelo con 360 m/s ≤ VS ≤ 720 m/s y HS > 2 m; ó HS > 30 m y VS < 720 m/s.
- TIPO III Terreno formado por suelos en que se presentan grandes amplificaciones dinámicas: Depósito de suelo con VS < 360 m/s y 2 < HS < 30 m.

TRABAJOS DE CAMPO

La campaña geotécnica prevé la realización de 13 sondeos mixtos profundos (SD) con ensayo de penetración estándar (SPT), 2 ensayos de penetración dinámica (DPSH), 2 pruebas de penetración estática con cono (CPT), 9 pozos a cielo abierto (PCA) y 4 pruebas geofísicas MASW para obtener el perfil de velocidades de onda de corte del subsuelo, esto con el objetivo de caracterizar las condiciones del subsuelo para el desarrollo del proyecto ejecutivo de la vialidad, estaciones, la estructura del puente y garantizar la estabilidad y protección de los taludes en ambos márgenes del río.

Las actividades incluyen:

- Ubicación del sondeo con equipo topográfico;
- Detección de infraestructura con equipo de georradar;
- Confirmación del lugar y delimitación del área de trabajo con cinta fluorescente de señalización;
- Colocación de señalamiento provisional para desvíos, caso aplique;
- Implantación de los equipos de pruebas y sondeos;
- Instalación de Luminaria para trabajos nocturnos, caso aplique;
- Al final de los trabajos de excavación se rellena con el mismo material compactado.

SONDEOS MIXTOS (SD)

El ensayo de penetración estándar o SPT de Standard Penetration Test es una prueba in situ que determina la resistencia del suelo mediante el número de golpes necesarios para hincar un muestreador estándar. Es un método de baja perturbación que no genera vibraciones significativas ni afecta estructuras cercanas, y al finalizar se sella el sondeo para restituir las condiciones del terreno, pudiendo dejarse, en algunos casos, un tubo de PVC para medir el nivel freático.

ENSAYOS DPSH

El ensayo DPSH (Dynamic Probing Super Heavy) es una prueba de exploración geotécnica in situ basada en la penetración dinámica de una punta mediante golpes de un martillo normalizado, utilizada para estimar la resistencia del terreno y su estratigrafía. Debido a su ejecución, genera impactos pero de baja influencia, por lo que generalmente no produce afectaciones relevantes en estructuras aledañas si se mantiene una distancia adecuada, y debe realizarse en suelos sin presencia significativa de roca, bolos o infraestructura enterrada, ya que estos pueden impedir la penetración o distorsionar los resultados.

ENSAYOS CPT

El ensayo CPT (Cone Penetration Test), o prueba de penetración estática con cono, es un método de exploración geotécnica in situ utilizado para caracterizar el subsuelo de forma continua sin necesidad de extraer muestras. Se basa en la hinca estática de un cono a velocidad constante, por lo que no genera vibraciones significativas ni afecta estructuras aledañas, y debe realizarse en suelos libres de roca, gravas gruesas o interferencias de infraestructura enterrada, para asegurar la correcta penetración y la calidad de los resultados.

ENSAYOS MASW

El ensayo MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves) es una prueba geofísica in situ que permite caracterizar el perfil de velocidades de onda de corte del subsuelo mediante la generación y registro de ondas superficiales, siendo un método no invasivo y sin vibraciones perjudiciales, por lo que no afecta estructuras aledañas.

POZO A CIELO ABIERTO

El pozo a cielo abierto es un método de exploración geotécnica in situ que consiste en la excavación directa del terreno para observar de forma visual la estratigrafía y obtener muestras representativas. La excavación puede ser realizada de forma manual o con mecánica y en general mide 1.5x1.5m por 3.0m de profundidad. Es una técnica sin generación de vibraciones, por lo que no afecta estructuras cercanas, pero requiere espacio suficiente y condiciones seguras de excavación, así como su ejecución en zonas libres de infraestructura enterrada y la posterior restitución del terreno. Al final se rellena con el mismo material de excavación.



Figura 13 Ejemplo de equipo de perforación a utilizar para el ensayo de penetración estándar (SPT).



Figura 14 Ejemplo de ejecución de pozo a cielo abierto.

A continuación, se enlistan los trabajos de campo a realizar.

Tabla 5-2 Campaña de Geotécnica y Geofísica de Campo.

#	ID	TIPO	PROFUNDIDAD TOTAL (m)	ETAPA	OBRA	NORTE	ESTE
13	F1-PCA-11	PCA	3.0	FASE 1	Vía nueva - Extensión Paseo Tabasco	1991056.087	503150.952
14	F1-PCA-12	PCA	3.0	FASE 1	Vía nueva - Extensión Paseo Tabasco	1991266.732	503592.555
15	F1-PCA-13	PCA	3.0	FASE 1	Vía nueva - Extensión Paseo Tabasco	1991443.584	504065.819
16	F1-PCA-14	PCA	3.0	FASE 1	Vía nueva - Extensión Paseo Tabasco	1991072.308	504275.733
17	F1-PCA-15	PCA	3.0	FASE 1	Vía nueva - Extensión Paseo Tabasco	1990889.902	504631.652
19	F1-RES-ELEC-02	RESISTIVIDAD	NA	FASE 1	Vía nueva - Extensión Paseo Tabasco	1991352.950	503813.960
20	F1-RES-ELEC-03	RESISTIVIDAD	NA	FASE 1	Vía nueva - Extensión Paseo Tabasco	1990947.620	504439.150
25	F1-SD-04	SONDEO	6.0	FASE 1	Vía nueva - Extensión Paseo Tabasco	1990949.840	504428.340
26	F1-SD-05	SONDEO	6.0	FASE 1	Vía nueva - Extensión Paseo Tabasco	1991162.801	503315.688
27	F1-SD-06	SONDEO	6.0	FASE 1	Vía nueva - Extensión Paseo Tabasco	1991362.212	503825.929
28	F1-SD-07	SONDEO	6.0	FASE 1	Vía nueva - Extensión Paseo Tabasco	1991300.063	504246.812
70	PC-CPT-01	CPT	NA	Puente Carrizal	Puente Carrizal	1990858.016	504850.319
71	PC-CPT-02	CPT	NA	Puente Carrizal	Puente Carrizal	1990883.720	504762.930
72	PC-DPSH-01	DPSH	NA	Puente Carrizal	Puente Carrizal	1990877.842	504862.330
73	PC-DPSH-02	DPSH	NA	Puente Carrizal	Puente Carrizal	1990891.805	504761.356
74	PC-PCA-01	PCA	3.0	Puente Carrizal	Puente Carrizal	1990893.601	504862.742
75	PC-PCA-02	PCA	3.0	Puente Carrizal	Puente Carrizal	1990853.960	504828.560
76	PC-PCA-03	PCA	3.0	Puente Carrizal	Puente Carrizal	1990879.438	504752.770
77	PC-PCA-04	PCA	3.0	Puente Carrizal	Puente Carrizal	1990916.130	504769.410
78	PC-SD-01	SONDEO	60.0	Puente Carrizal	Puente Carrizal	1990909.140	504694.520
79	PC-SD-02	SONDEO	80.0	Puente Carrizal	Puente Carrizal	1990896.739	504754.354
80	PC-SD-03	SONDEO	80.0	Puente Carrizal	Puente Carrizal	1990867.224	504833.718
81	PC-SD-04	SONDEO	60.0	Puente Carrizal	Puente Carrizal	1990844.665	504881.973
82	PC-SD-05	SONDEO	80.0	Puente Carrizal	Puente Carrizal	1990871.368	504742.340
83	PC-SD-06	SONDEO	60.0	Puente Carrizal	Puente Carrizal	1990816.630	504918.480
84	PC-SD-07	SONDEO	60.0	Puente Carrizal	Puente Carrizal	1990914.150	504665.122
85	PC-SD-08	SONDEO	60.0	Puente Carrizal	Puente Carrizal	1990924.060	504601.100
86	PC-SD-09	SONDEO	60.0	Puente Carrizal	Puente Carrizal	1990801.655	504939.793

ID	TIPO	LONGITUD	ETAPA	OBRA	INICIO		FIN	
PC-MASW-01	MASW	115	Puente Carrizal	Puente Carrizal	1990869.917	504753.403	1990885.730	504639.040
PC-MASW-02	MASW	115	Puente Carrizal	Puente Carrizal	1990862.012	504833.062	1990805.748	504933.726
PC-MASW-03	MASW	115	Puente Carrizal	Puente Carrizal	1990925.596	504771.225	1990823.521	504717.325
PC-MASW-04	MASW	115	Puente Carrizal	Puente Carrizal	1990908.351	504859.536	1990805.728	504808.694

5.2.3 Estudio de la tenencia de la tierra

Para el estudio de la tenencia de la tierra, se deberán desarrollar las actividades y trámites necesarios para garantizar la disposición de los predios y el libre acceso del personal, maquinaria y equipo al sitio donde se realizará la obra, su derecho de vía, zonas de maniobra y accesos para desarrollar la infraestructura proyectada dentro del marco normativo vigente en materia de movilidad, comunicaciones y transportes, Ley de Expropiación del Estado, Ley Agraria y el Código Civil principalmente en el ámbito Estatal y Federal de ser el caso y demás leyes aplicables. En este apartado deberán considerarse los trabajos relacionados con el Puente Vehicular Carrizal.

5.2.4 Estudio Hidrológico, Hidráulico y de Socavación

El Estudio Hidrológico analiza el comportamiento del agua de lluvia en el sitio, considerando cuencas,

escurrimientos, niveles freáticos y riesgos de inundación. Define caudales de diseño, capacidad de drenajes pluviales y obras de protección necesarias, garantizando que el proyecto opere de manera segura y eficiente frente a eventos de lluvia y condiciones climáticas extremas.

En particular para el puente Carrizal se desarrollará el estudio topo-hidráulico de acuerdo con los lineamientos de CONAGUA con el objetivo de garantizar que las obras no modifiquen de forma negativa el correcto funcionamiento del cauce y sus propriedades hidráulicas, presentando los estudios de socavación general en el río y la socavación local al pie de las estructuras propuestas, lo anterior con el objeto de prever as protecciones correspondientes.

Se desarrolla estudio de inundabilidad de la zona de influencia del proyecto para conocer los flujos y tirantes de inundación para diferentes períodos de retorno, en las condiciones actuales de escenario base (sin proyecto) y en las condiciones de operación (con proyecto), por forma a identificar los puntos de concentración del agua y proponer medidas de protección de la infraestructura a construir y salvaguardar las construcciones existentes.

Se realizará también el análisis hidráulico de alcantarillas para incorporar los escurrimientos naturales.

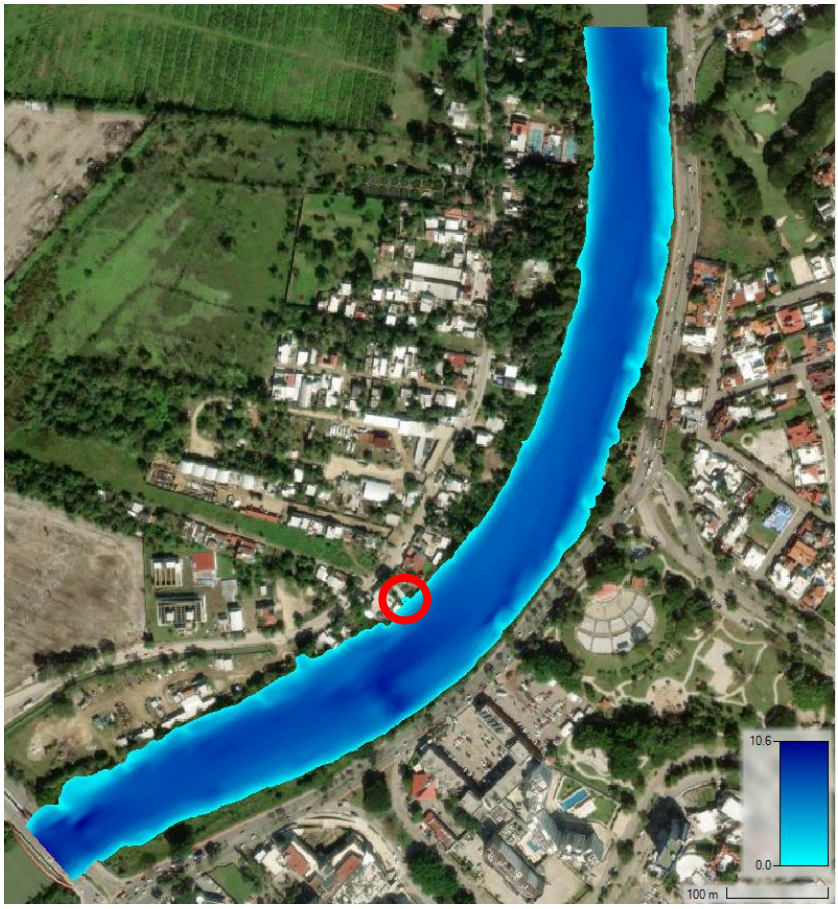


Figura 15 Desbordamiento inicial en río Carrizal.

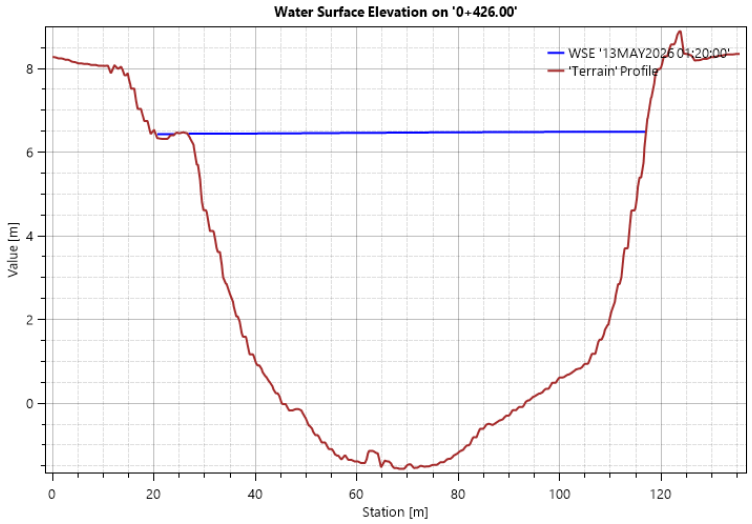


Figura 16 Sección transversal en el puente Carrizal antes de Desbordamiento.

5.2.5 Estudio de Impacto Ambiental

Un Estudio de Impacto Ambiental (EIA) es un proceso que evalúa los posibles efectos que un proyecto de desarrollo puede tener sobre el medio ambiente. Su objetivo principal es predecir, identificar, valorar y prevenir los impactos negativos, así como proponer medidas para minimizar los daños.

El contratista debe elaborar el Manifiesto de Impacto Ambiental (MIA) respetando los lineamientos establecidos por la Secretaría de Medio Ambiente y Desarrollo (SEMADES) del Estado de Tabasco y las disposiciones aplicables estipuladas en la Ley de Protección Ambiental del Estado de Tabasco, para el caso del proyecto del Puente Carrizal se elaborará de acuerdo con los lineamientos establecidos por la (SEMARNAT) Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales.

5.2.6 Estudio de Movilidad

El estudio de Movilidad tiene la finalidad de analizar la movilidad en una zona determinada, considerando de manera coordinada los diferentes elementos que participan en ella y simulando la interacción de los nuevos proyectos de infraestructura con la red existente, para proponer soluciones a la medida de cada proyecto logrando una movilidad eficiente, segura y comprometida con el medio ambiente.

En sus alcances incluye la medición y análisis de aforos vehiculares, fases semafóricas y matrices de flujos, con los cuales de desarrollan modelos bidimensionales para determinar el TDPA de cada uno de los movimientos direccionales, realizar estudios de velocidad y calcular el nivel de servicio en la vías e intersecciones.

5.3 PROYECTO EXTENSIÓN PASEO TABASCO

5.3.1 Proyecto de preliminares, limpieza y remociones

Se definirán los trabajos preliminares necesarios para liberar el derecho de vía y preparar el área de intervención de la Extensión Paseo Tabasco, incluyendo la limpieza del sitio, tala de árboles, desmonte, demoliciones controladas de elementos existentes que interfieran con la nueva sección del corredor y remociones a bancos de tiro o zonas de acopio temporal autorizados.

5.3.2 Proyecto de Terracerías

Se definirán los trazos, nivelaciones y terracerías requeridas para las obras a realizar de acuerdo con el levantamiento topográfico y al resultado de mecánica de suelos.

DESCRIPCIÓN DEL TRAZADO

El trazado se desarrolla a lo largo de 2.1 km de extensión de la avenida Paseo Tabasco, con 2 carriles mixtos más un carril de autobús por sentido diseñados para velocidades de 50 km/h, camellón central ajardinado de 1.60m que se amplía a 3.00m en la zona de las estaciones y banqueta peatonal de 1.80m de ancho del lado derecho que se amplía a 3.00m junto a la estación terminal.

El proyecto de la avenida tiene origen en la intersección con Blvd. Bicentenario, ingresando en el predio estatal del Parque Tabasco "Dora Maria" donde se ubicará la Estación Terminal de transporte público, siguiendo lateral a la barda perimetral del parque hasta la conexión con Avenida las Torres a norte – por esta zona se ubicará la segunda estación de bus – siguiendo junto a la barda perimetral hasta la "zona ganadera" donde se separa del camino perimetral del parque formando una curva de radio 80m para evitar afectar el cárcamo de bombeo. Se dirige hacia el sur bordeando el nuevo Centro de Convenciones donde se localiza la tercera estación de bus y el trazado vuelve a girar hacia oriente con una curva de 150m, retomando la tangente para iniciar las rampas del puente sobre el río Carrizal que forma una curva de radio 580m. En la margen derecha del río el puente retoma la tangente para iniciar descenso en rampas hasta conectar en los carriles centrales de la Avenida Paseo Tabasco existente.

Se prevé la elevación de la rasante entre 1.5 a 2 m arriba del nivel del terreno natural en los puntos bajos cercanos a humedales para proteger la infraestructura de eventos extremos de inundabilidad y, por otro lado, para permitir construir obras de drenaje transversales tipo cajón de sección 2.00mx1.00m que permitan conservar los escurrimientos naturales e impactar lo menos posible en el funcionamiento hidráulico actual de la zona. La pendiente mínima longitudinal será de 0.5% por motivo de drenaje pluvial de la vía y de 6% máximo en las rampas del puente.

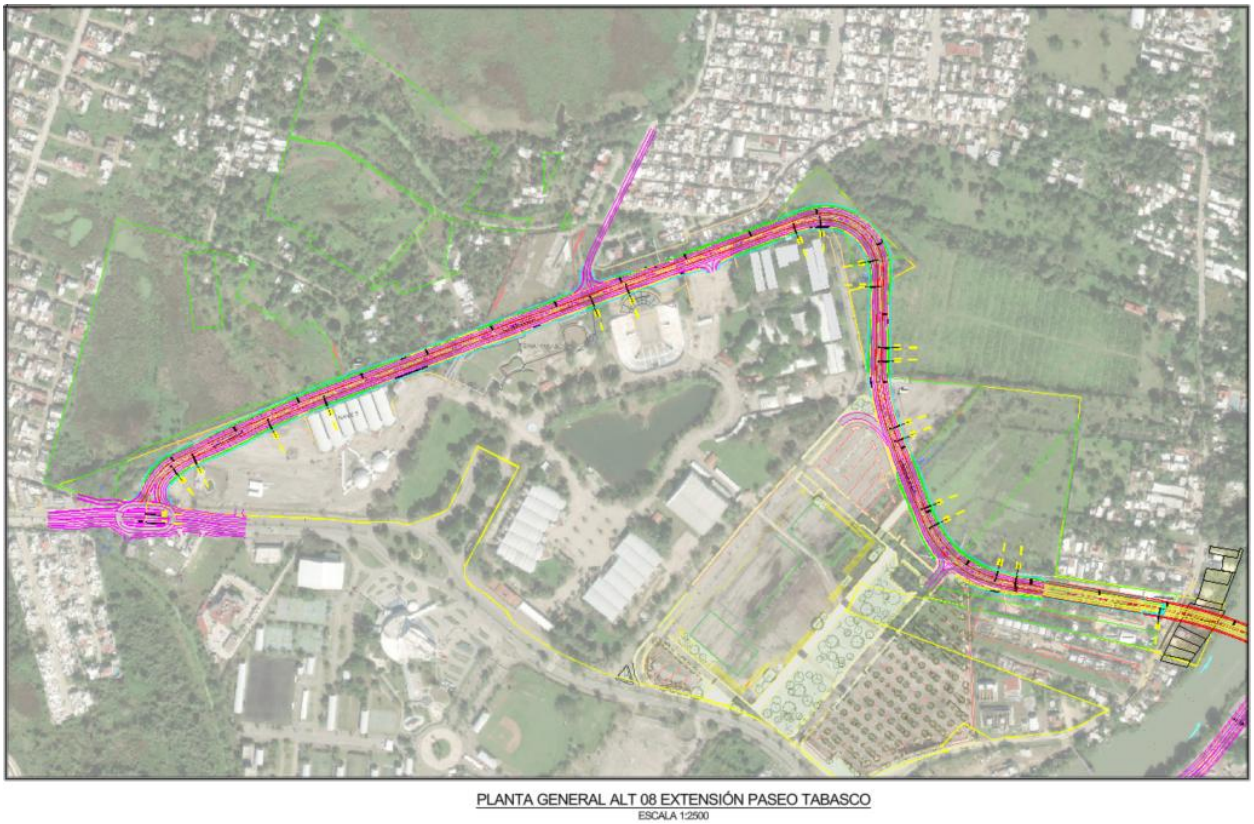
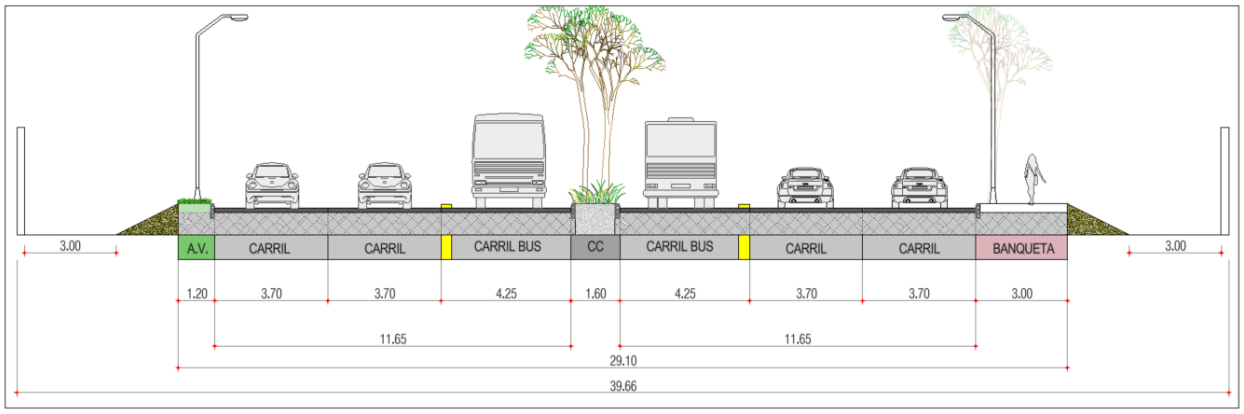
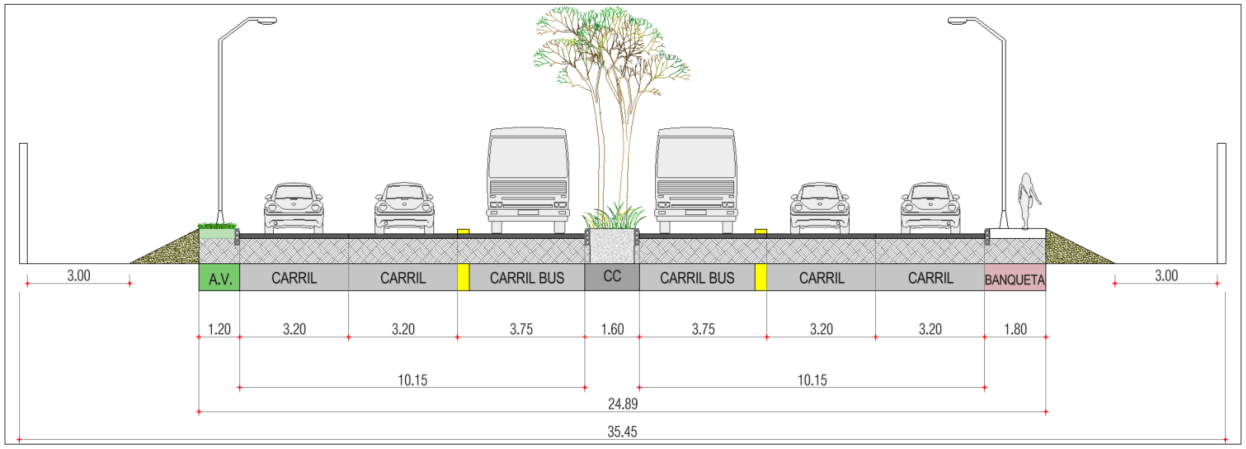


Figura 17 Planta del Trazado de la Extensión Paseo Tabasco.



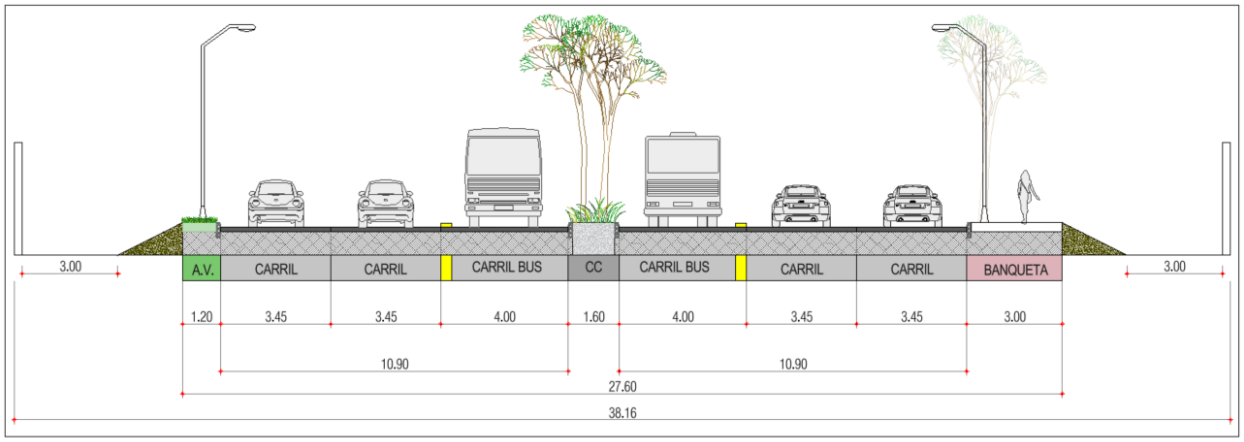
SECCIÓN PROPUESTA T1
EXTENSIÓN PASEO TABASCO
P.K. 0+064 A P.K. 0+135

Figura 18 Sección tipo T1 de la Extensión Paseo Tabasco – anterior a la Estación Terminal.



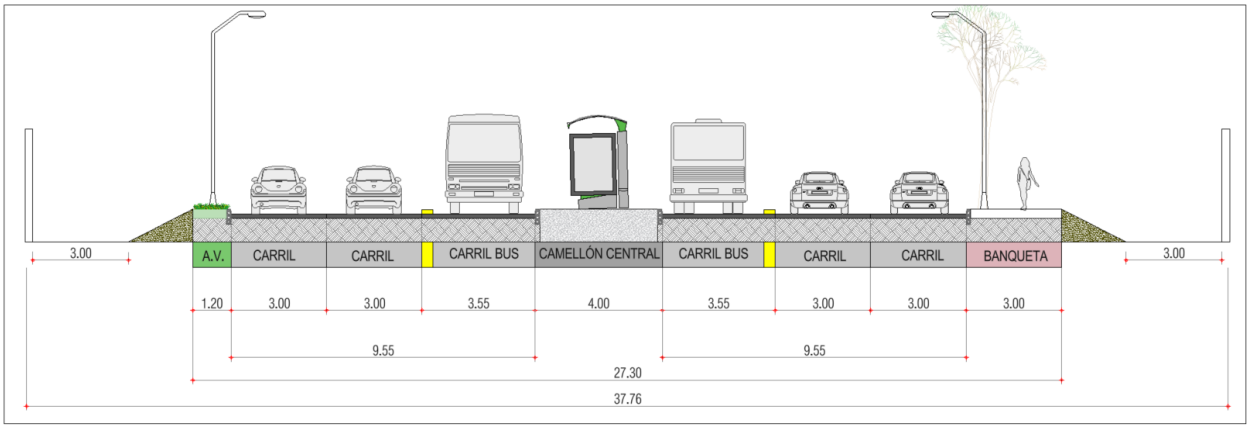
SECCIÓN PROPUESTA T1.1
EXTENSIÓN PASEO TABASCO
P.K. 1+348 A P.K. 1+490

Figura 19 Sección tipo T1.1 de la Extensión Paseo Tabasco – entre estaciones en zona de curva.



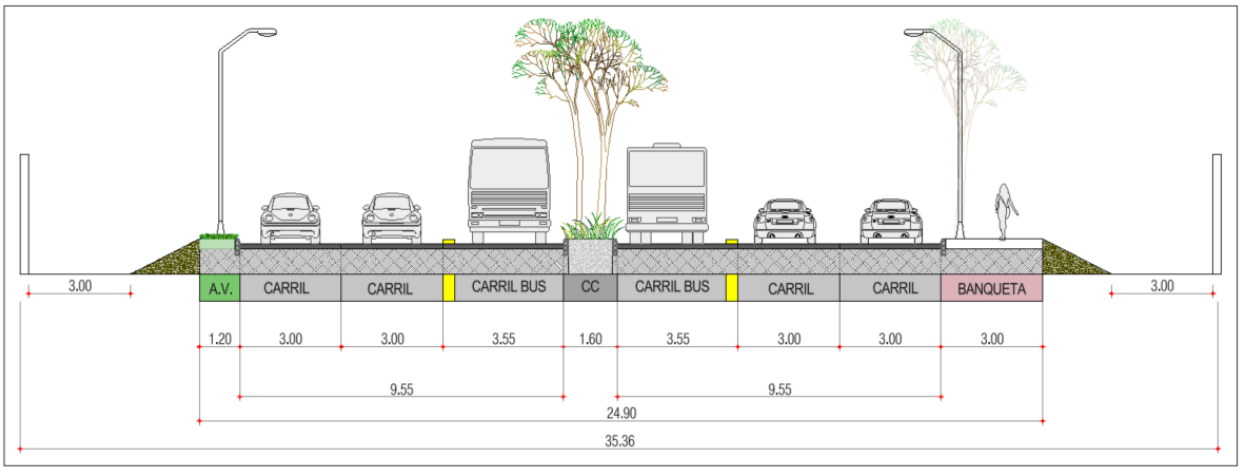
SECCIÓN PROPUESTA T1.2
EXTENSIÓN PASEO TABASCO
P.K. 1+590 A P.K. 1+778

Figura 20 Sección tipo T1.2 de la Extensión Paseo Tabasco – entre estaciones en zona de curva despues de la Estación de Centro de Convenciones.



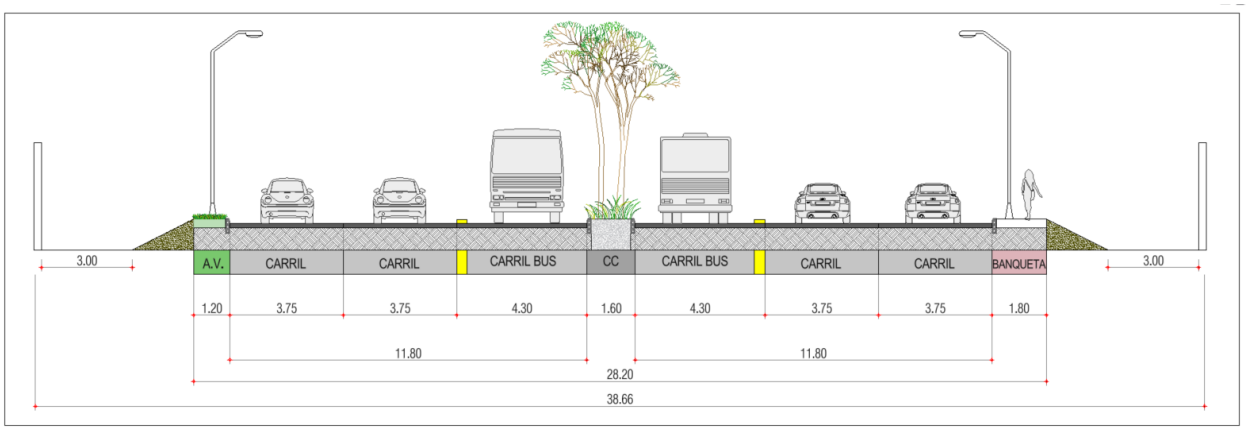
SECCIÓN PROPUESTA T2
EXTENSIÓN PASEO TABASCO
P.K. 0+135 A P.K. 0+235

Figura 21 Sección tipo T2 de la Extensión Paseo Tabasco – Estación Terminal con 4m de ancho.



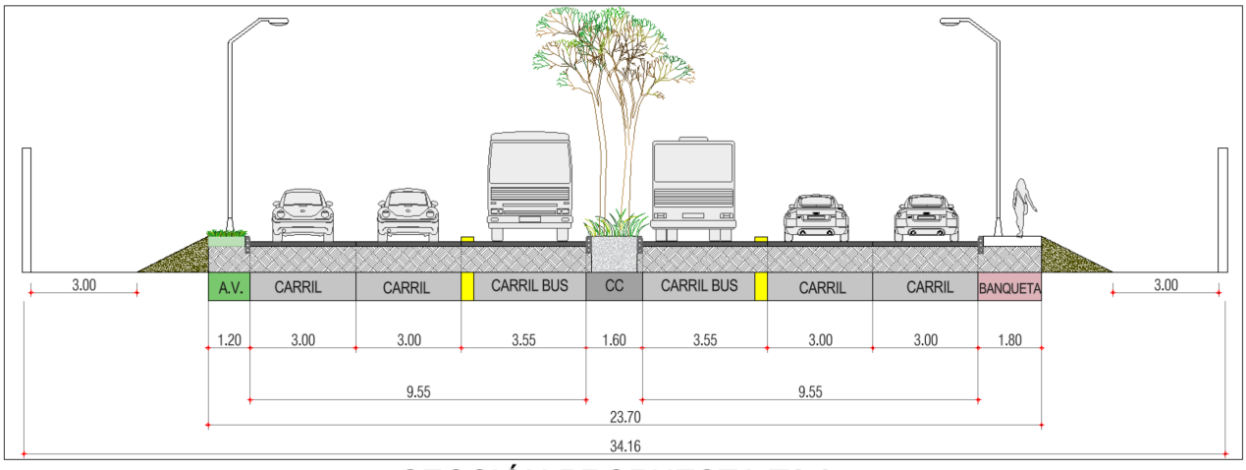
SECCIÓN PROPUESTA T2.1
EXTENSIÓN PASEO TABASCO
P.K. 1+778 A P.K. 1+821

Figura 22 Sección tipo T2.1 de la Extensión Paseo Tabasco – entre estaciones en zona de recta despues de la Estación de Centro de Convenciones.



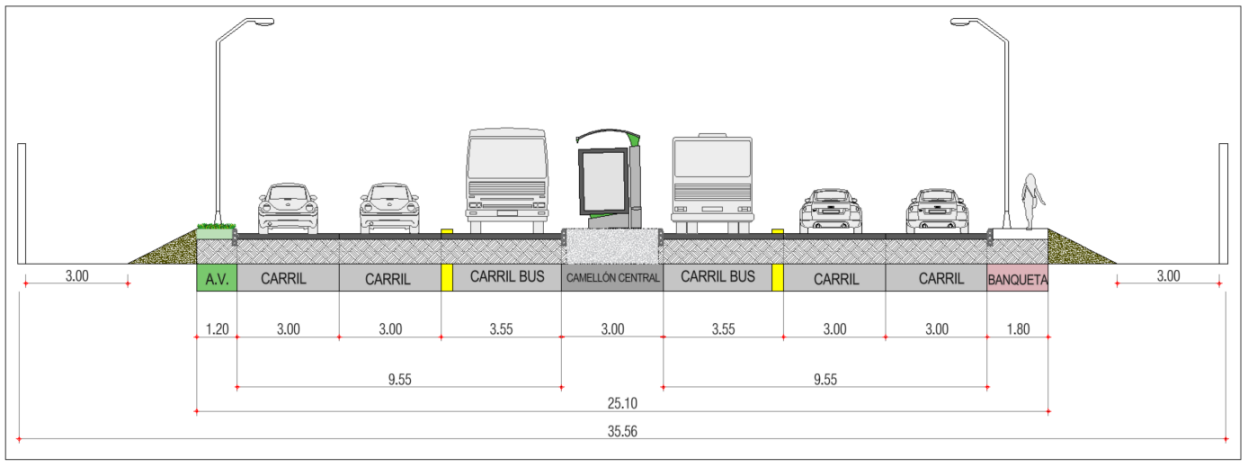
SECCIÓN PROPUESTA T2.2
EXTENSIÓN PASEO TABASCO
P.K. 1+064 A P.K. 1+260

Figura 23 Sección tipo T2.2 de la Extensión Paseo Tabasco – entre estaciones en zona de curva.



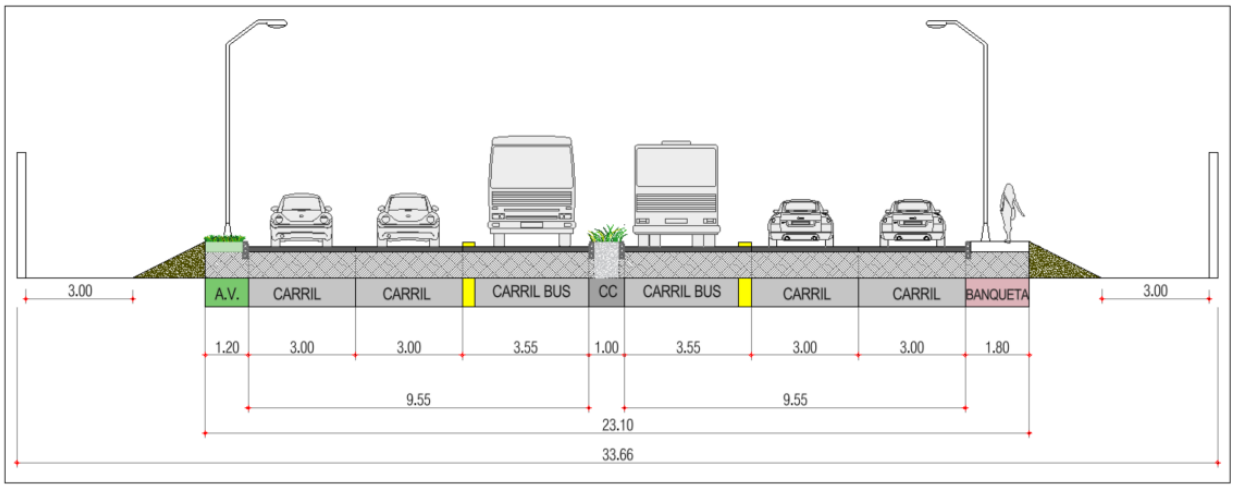
SECCIÓN PROPUESTA T2.3
EXTENSIÓN PASEO TABASCO
P.K. 1+260 A P.K. 1+348

Figura 24 Sección tipo T3 de la Extensión Paseo Tabasco – entre estaciones en zona de recta.



SECCIÓN PROPUESTA T3
EXTENSIÓN PASEO TABASCO
P.K. 0+589 A P.K. 0+689

Figura 25 Sección tipo T3 de la Extensión Paseo Tabasco – Zona de Estación con 3m de ancho.



SECCIÓN PROPUESTA T3.1
EXTENSIÓN PASEO TABASCO
P.K. 0+235 A P.K. 0+335

Figura 26 Sección tipo T3.1 de la Extensión Paseo Tabasco – entre estaciones en zona de recta con camellón central reducido a 1.00m de ancho.

TERRACERÍAS

Las terracerías para la Extensión Paseo Tabasco se definen a partir de las condiciones geotécnicas del sitio y de la necesidad de proporcionar una plataforma uniforme y estable para las soluciones de pavimento consideradas en el proyecto. El análisis del subsuelo indica la presencia de materiales con capacidad de soporte media en la subrasante, con un CBR del orden de 20%, apoyados sobre estratos de menor calidad correspondientes al subyacente y al terraplén, con valores aproximados de CBR de 10% y 5%, respectivamente.

Dadas estas condiciones, se considera necesario el mejoramiento de la estructura del terreno mediante la incorporación de una capa de desplante con material granular insensible al agua que permita estabilizar el desplante del terraplén y al mismo tiempo que funcione como capa rompedora de capilaridad. Se coloca geomembrana de transición y sobre la cual se construirá la estructura de cuerpo de terraplén, subyacente y subrasante conformada por material seleccionado que permita incrementar la capacidad portante del sistema y reducir la influencia de los materiales de menor calidad. Este mejoramiento permite obtener una subrasante de comportamiento más homogéneo, adecuada para recibir las cargas inducidas por el tránsito proyectado.

La conformación de la plataforma se lleva a cabo mediante actividades de despalme, excavaciones, formación de terraplenes y compactación por capas, garantizando el cumplimiento de los niveles de proyecto y de las condiciones de densidad y humedad óptima. Se considera una subrasante final debidamente afinada y compactada, con características de soporte compatibles con el diseño estructural del pavimento y con un espesor del orden de 30 cm.

5.3.2.1 Características de los materiales

a) Cuerpo del Terraplén

Para la capa terraplén se conformará utilizando material que cumpla con las siguientes características.

Tabla 5-3 Requisitos de calidad de los materiales para el cuerpo del Terraplén.

Característica	Valor
Tamaño Máximo cm [Cuando el material no sea compactable].	75
Límite líquido; %, máximo.	50
Valor Soporte de California (CBR) [1]; %, mínimo.	5
Expansión; %, máxima.	5
Grado de compactación [2]; %.	90 ± 2

[1] *En especímenes compactados dinámicamente al porcentaje de compactación indicado en esta Tabla, con un contenido de agua igual al óptimo de compactación respecto a la masa volumétrica seca máxima obtenida*

mediante la prueba AASHTO Estándar, salvo que el proyecto indique otra cosa.

[2] *Respecto a la masa volumétrica seca máxima obtenida mediante la prueba AASHTO Estándar, del material compactado con el contenido de agua óptimo de la prueba, salvo que el proyecto indique otra cosa.*

b) Capa Subyacente

Para la capa subyacente se conformará utilizando material que cumpla con las siguientes características.

Tabla 5-4 Requisitos de calidad de los materiales para la capa Subyacente.

Característica	Valor
Tamaño máximo y granulometría	Que sea compactable
Límite líquido; %, máximo	50
Valor Soporte de California (CBR) [1]; %, mínimo	10
Expansión; %, máxima	3
Grado de compactación [2]; %	95 ± 2

[1] *En especímenes compactados dinámicamente al porcentaje de compactación indicado en esta Tabla, con un contenido de agua igual al óptimo de compactación respecto a la masa volumétrica será máxima obtenida mediante la prueba AASHTO estándar, salvo que el proyecto indique otra cosa.*

[2] *Respecto a la masa volumétrica seca máxima obtenida mediante la prueba AASHTO Estándar, del material compactado con el contenido de agua óptimo de la prueba, salvo que el proyecto indique otra cosa.*

c) Capa Subrasante

Para la capa subrasante se conformará utilizando material que cumpla con las siguientes características.

Tabla 5-5 Requisitos de calidad de materiales para capa Subrasante.

Característica	Valor
Tamaño máximo; mm	76
Límite líquido; %, máximo	40
Índice plástico; %, máximo	12
Valor de Soporte de California (CBR) [1]; %, mínimo	20
Expansión máxima; %	2
Grado de compactación [2]; %	100 ± 2

[1] *En especímenes compactados dinámicamente al porcentaje de compactación indicado en esta Tabla, con un contenido de agua igual al óptimo de compactación respecto a la masa volumétrica seca máxima obtenida mediante la prueba AASHTOEstándar, salvo que el proyecto indique otra cosa.*

[2] *Respecto a la masa volumétrica seca máxima obtenida mediante la prueba AASHTO Estándar, del material*

compactado con elcontenido de agua óptimo de la prueba, salvo que el proyecto indique otra cosa.

d) Granular/pedraplén

Para los materiales granulares/pedraplén se conformarán de distintas capas. En la base se encuentra la capa de preparación para el desplante, la cual constituye el contacto inicial entre el pedraplén y el terreno natural. Encima de esta preparación se desarrolla el cuerpo del pedraplén, que abarca desde el cimiento hasta la transición. Este cuerpo está conformado por materiales pétreos dispuestos en capas compactadas, y su función principal es soportar y distribuir las cargas estructurales hacia el terreno. Finalmente, en la parte superior se encuentra la transición, una capa con un espesor estándar de un metro, salvo que las especificaciones particulares del proyecto indiquen lo contrario. Esta transición actúa como una interfase entre el pedraplén y las capas superiores de la estructura, facilitando una adecuada transferencia de esfuerzos y evitando la migración de materiales finos entre capas.

Este material deberá cumplir con las siguientes características.

Tabla 5-6 Muestreo y pruebas para el material utilizado en cuerpo de Pedraplén y Material Granular.

Normas	Designación
Ejecución de Obras	N.LEG.3
Desmonte	N.CTR.CAR.1.01.001
Despalme	N.CTR.CAR.1.01.002
Escalones de liga	N.CTR.CAR.1.01.004
Acarreos	N.CTR.CAR.1.01.013
Materiales para Pedraplén	N.CMT.1.05

Los materiales que se utilicen para la formación de los pedraplenes procederán de bancos de préstamo aprobados y provendrán de cantos rodados o rocas sanas, compactas, resistentes y durables. Deberán, además, cumplir los siguientes requisitos:

Características de los materiales	Valor	Norma
Tamaño Máximo (In)	30	ASTM D5519
Tamaño Mínimo (In)	3	
Desgaste de los Ángeles	50 máx.	M-MMP-2-02-032

Tabla 5-7 Características de los materiales generales para zonas generales (húmeda y seca).

Características de los materiales	Valor	Norma
Resistencia a la compresión Simple (Mpa)	20	UNE EN 1926
Densidad (Kn/m^3)	22	ASTM C127

Tabla 5-8 Características adicionales para zona húmeda.

5.3.2.2 Procedimiento Constructivo

Para la construcción de la Extensión de Paseo Tabasco se realizan las siguientes actividades como se indican en este procedimiento constructivo y como se muestra en la sección tipo constructiva.

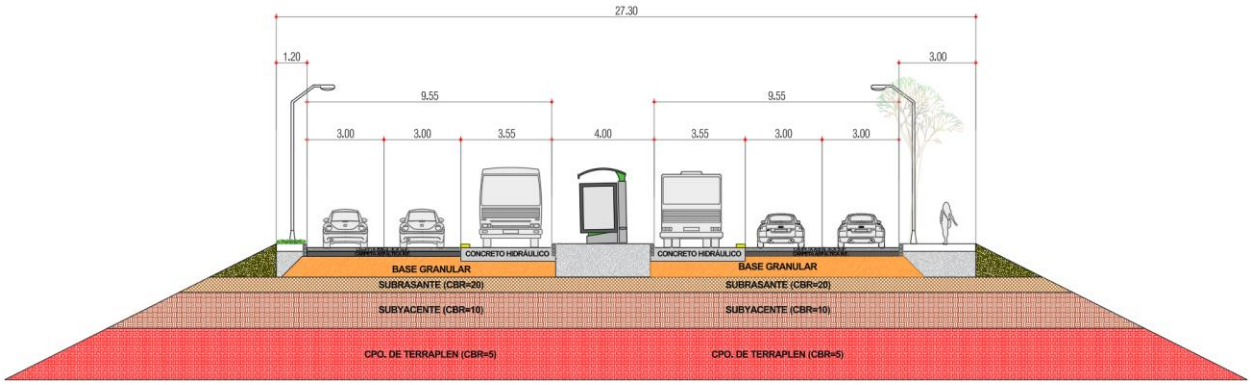


Figura 27 Sección tipo constructiva de Extensión Paseo Tabasco.

e) Trazo y Nivelación

Como primer paso se procederá a realizar el trazo y la nivelación del área de trabajo dentro del derecho de vía. En estos trabajos es necesario plantar los bancos de referencia y niveles necesarios que ayuden a plantera la planimetría y altimetría de todos y cada uno de los elementos que se requieran durante las etapas constructivas de la vialidad en cuestión.

f) Demonte, Despalme y Corte

Continuando con el proceso de construcción se procederá a realizar desmonte, despalme y corte del terreno y/o pavimento existente hasta alcanzar el nivel de desplante donde se alojará la estructura del pavimento. Estos procesos se realizarán conforme a lo estipulado en las normas de desmonte N·CTR·CAR·1·01·001/11, despalme N·CTR·CAR·1·01·002/11 y de cortes N·CTR·CAR·1·01·003/11.

g) Terraplén

Se realizará la construcción del terraplén con materiales producto de cortes o procedentes de bancos previa verificación de los requisitos de calidad de los materiales, el grado de compactación a alcanzar para el terraplén será del noventa 90% +/- 2 de su PVSM determinado en el laboratorio mediante la prueba AASHTO Estándar, en capas sucesivas, con un espesor no mayor que aquel que el equipo sea capaz de compactar. Inmediatamente antes de iniciar la construcción del terraplén, la superficie sobre la que se construirá estará debidamente delimitada, desmontada y despalmada, exenta de basura, piedras, polvo, grasa, sin irregularidades.

h) Subyacente

Se realizará la construcción de la capa subyacente con materiales procedentes de bancos previa verificación de los requisitos de calidad de los materiales, el grado de compactación a alcanzar para el terraplén será del noventa y cinco 95% +/- 2 de su PVSM determinado en el laboratorio mediante la prueba AASHTO Estándar, en capas sucesivas, con un espesor no mayor que aquel que el equipo sea capaz de compactar. Inmediatamente antes de iniciar la construcción del terraplén, la superficie sobre la que se construirá estará debidamente delimitada, desmontada y despalmada, exenta de basura, piedras, polvo, grasa, sin irregularidades, los materiales a emplear proveniente de bancos de material.

i) Subrasante

Se realizará la construcción de la capa subrasante en un espesor de acuerdo con espesor de la capa existente con materiales procedentes de bancos previa verificación de los requisitos de calidad de los materiales, el grado de compactación a alcanzar para el terraplén será del cien 100% +/- 2 de su PVSM determinado en el laboratorio mediante la prueba AASHTO Estándar, en capas sucesivas, con un espesor no mayor que aquel que el equipo sea capaz de compactar.

5.3.3 Pavimentos

El diseño de pavimentos para la Extensión Paseo Tabasco se realiza considerando las condiciones de tránsito, el tipo de operación de la vialidad y las características geotécnicas del sitio, definiendo dos soluciones estructurales diferenciadas en función del tipo de carril: pavimento flexible para carriles de tránsito mixto y pavimento rígido para el carril confinado de transporte público.

Para los carriles de circulación general se adopta una estructura de pavimento flexible, diseñada mediante el método AASHTO 1993 para un periodo de servicio de 20 años, con un Número Estructural que satisface las solicitaciones del tránsito proyectado. La sección está conformada por una carpeta asfáltica superior de 6 a 8 cm de espesor, una capa asfáltica intermedia de 7 a 10 cm, una base hidráulica compactada a 100% de 20 a 30 cm de espesor y una subrasante con CBR de 20%, apoyada sobre el mejoramiento inferior previamente descrito. Esta estructura garantiza un comportamiento adecuado ante cargas variables y facilita las labores de conservación a lo largo de su vida útil.

Por otro lado, para el carril confinado de transporte público se considera una estructura de pavimento rígido en la zona de estaciones, con el fin de resistir de manera eficiente las cargas repetitivas de gran magnitud asociadas a la operación de autobuses. La sección está integrada por una losa de concreto hidráulico de 18 cm de espesor, equipada con pasadores para el control de transferencia de cargas, apoyada sobre una base granular de 30 cm, la cual descansa sobre la subrasante de CBR de 20% y el mismo mejoramiento inferior. Esta configuración con 48 cm de espesor total proporciona una estructura robusta y durable, con menores deformaciones permanentes y menor necesidad de mantenimiento en comparación con soluciones flexibles.

La adopción de ambas soluciones permite optimizar el comportamiento estructural de la vialidad, asignando a cada tipo de carril la alternativa más adecuada según su nivel de solicitación. De esta

manera, se garantiza tanto la eficiencia operativa del sistema de transporte público como el adecuado desempeño de la infraestructura para el tránsito vehicular general.

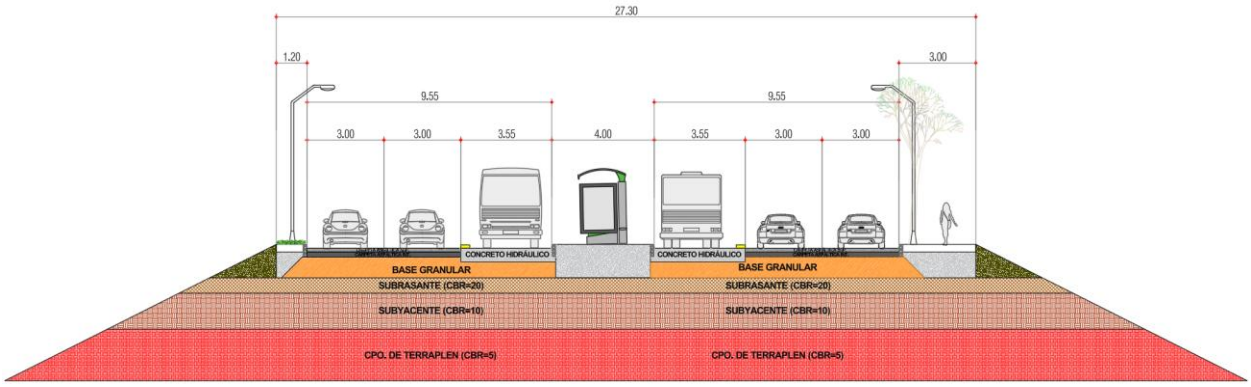


Figura 28 Sección transversal de terracerías y pavimentos.

5.3.3.1 Características de los materiales

j) Base Hidráulica

Para la capa Base Hidráulica se conformará utilizando material que cumpla con las siguientes características.

El material cribado, parcialmente triturado, totalmente triturado o mezclado, que se emplee en la construcción de bases para pavimentos de concreto asfálticos, cumplirá con los requisitos de calidad que se indican a continuación:

- El material para la base hidráulica será cien (100) por ciento de partículas producto de trituración de roca sana cuando el número de ejes equivalentes (ΣL) acumulados de ocho coma dos (8,2) toneladas esperado durante la vida útil del pavimente se encuentre entre uno (1) a diez (10) millones.

Tabla 5-9 Requisitos de granulometría de los materiales para bases de pavimentos con carpetas de mezcla asfáltica de granulometría densa.

Malla		Porcentaje que pasa*
Abertura (mm)	Designación	
75	3 in	100
50	2 in	85 – 100
37,5	1 1/2 in	75 – 100
25	1 in	62 – 90

Malla		Porcentaje que pasa*
Abertura (mm)	Designación	
19	¾ in	54 – 83
9,5	3/8 in	40 – 65
4,75	N°4	30 – 50
2	N°10	21 – 36
0,85	N°20	13 – 25
0,425	N°40	8 – 17
0,25	N°60	5 – 12
0,15	N°100	3 – 9
0,075	N°200	0 – 5

**El tamaño máximo de las partículas no será mayor de 20% del espesor de la base.*

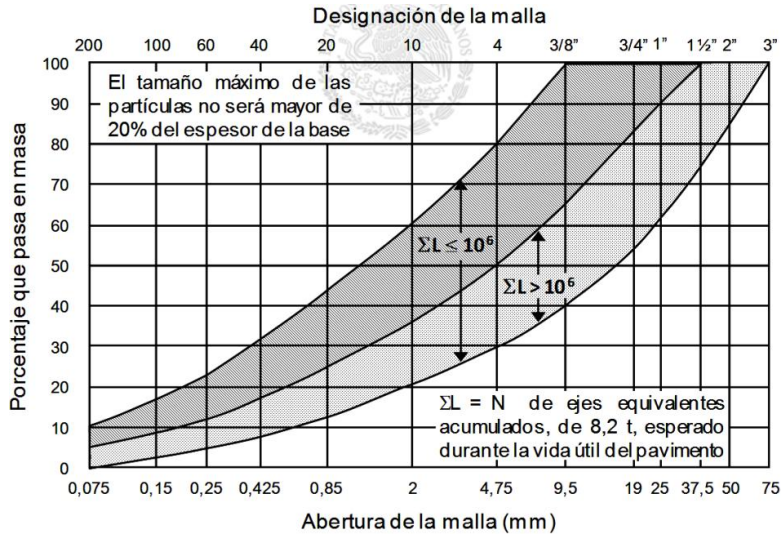


Figura 29 Zonas granulométricas recomendables de los materiales para bases de pavimentos con carpetas de mezcla asfáltica de granulometría densa.

Característica	Valor % $\Sigma L > 10^6$
Límite líquido; %, máximo	25
Índice plástico; %, máximo	6
Equivalente de arena, mínimo	40
Valor de Soporte de California (CBR); %, mínimo	120
Desgaste de los Ángeles, máximo	37

Característica	Valor % $\Sigma L>10^6$
Partículas alargadas y lajeadas, máximo	35
Grado de compactación; mínimo	100

Tabla 5-10 Requisitos de calidad de los materiales para bases de pavimentos asfálticos.

k) Carpeta Asfáltica

La mezcla en caliente deberá ser uniforme y homogénea, elaborada con cemento asfáltico PG 76V-22 y materiales pétreos bien graduados, con tamaño nominal entre treinta y siete punto cinco (37.5) milímetros (1 ½ in) y nueve punto cinto (9.5) milímetros (3/8 in) que cumplan con las siguientes características.

El agregado deberá cumplir las calidades mostradas en la tabla siguiente dependiendo del número de ejes equivalentes calculados según el subtramo del que se trate.

Malla		Tamaño nominal del material pétreo mm (in)				
Abertura mm	Designación	9.5 (3/8)	12.5 (1/2)	19 (3/4)	25 (1)	37.5 (1 ½)
		Porcentaje que pasa (en masa)				
50	2 in	---	---	---	---	100
37.5	1 ½ in	---	---	---	100	90-100
25	1 in	---	---	100	90-100	74-90
19	¾ in	---	100	90-100	79-92	62-83
12.5	½ in	100	90-100	72-89	58-81	46-74
9,5	3/8 in	90-100	76-92	60-82	47-75	39-68
6.3	¼ in	70-89	56-81	44-71	36-65	30-59
4,75	N°4	56-82	45-74	37-64	30-58	25-53
2	N°10	28-64	25-55	20-46	17-42	13-38
0,85	N°20	18-49	15-42	12-35	9-31	6-28
0,425	N°40	13-37	11-32	8-27	5-24	3-21
0,25	N°60	10-29	8-25	6-21	4-19	2-16
0,15	N°100	6-21	5-18	4-16	2-14	1-12
0,075	N°200	2-10	2-9	2-8	1-7	0-6

Tabla 5-11 Requisitos de granulometría del material pétreo para mezclas asfálticas de granulometría densa

Característica	Valor
Grava	
Densidad relativa del material pétreo seco, mínimo	2.4
Desgaste de Los Ángeles, % máximo	35
Partículas alargadas y lajeadas, % máximo	40
Arena y finos	
Densidad relativa del material pétreo seco, mínimo	2.4
Equivalente de arena, % mínimo	50
Azul de metileno, mg/g, máximo	15

Tabla 5-12 Requisitos de calidad del material pétreo para mezclas asfálticas de granulometría densa

La mezcla asfáltica deberá cumplir con las siguientes especificaciones obtenidas mediante la

prueba Marshall.

Característica	Valor %	
	$\Sigma L \leq 10^6$	$\Sigma L > 10^6$
Compactación; número de golpes en cada cara de la probeta	50	75
Estabilidad; N (lb), mínimo	5,340 (1,200)	8,000 (1,800)
Flujo; mm (10^{-2} in)	2-4 (8-16)	2-3.5 (8-14)
Vacíos en la mezcla asfáltica (VMC); %	3-5	3-5
Vacías ocupados por el asfalto (VFA); %	65-78	65-75

Tabla 5-13 Requisitos de calidad para mezclas asfálticas de granulometría densa, diseñadas mediante el método Marshall.

Tamaño máximo del material pétreo utilizado en la mezcla		Vacíos en la mezcla asfáltica (VMC) de diseño		
		3	4	5
mm	Designación	Vacíos en el agregado mineral (VAM) %, mínimo		
9,5	3/8 in	14	15	16
12,5	½ in	13	14	15
19	¾ in	12	13	14
25	1 in	11	12	13
3½	1 1/2 in	10	11	12

Tabla 5-14 Vacíos en el agregado mineral (VAM) para mezclas asfálticas de granulometría densa, diseñadas mediante el método Marshall.

5.3.3.2 Procedimiento Constructivo

l) Base Hidráulica

Sobre la capa de subrasante se construirá una capa de base hidráulica en un espesor de acuerdo con espesor de la capa existente. Esta capa se construirá con material proveniente de bancos de material, previa verificación de los requisitos de calidad de los materiales, el grado de compactación a alcanzar en esta capa será del cien por ciento 100% +/- 2 de su PVSM determinado en el laboratorio mediante la prueba AASHTO Modificado.

m) Riegos asfálticos

Sobre la capa de base hidráulica o subbase, según correspondo al tipo de pavimento, se aplicará un riego de impregnación con emulsión catiónica de impregnación con una dosificación aproximada de 1.0 l/m^2. Para evitar que la emulsión de impregnación se levante al trabajar en la siguiente capa se colocará un poreo de arena.

Posterior al riego de impregnación se aplicará en todo el ancho de la sección un poreo de arena para proteger la aplicación de la impregnación. Posteriormente se aplicará un riego de liga con emulsión asfáltica de rompimiento rápido con una dosificación aproximada a razón de 0.5 l/m^2. Dicha capa deberá obedecer lo estipulado en las Normas N·CMT·4·05·005/22, N·CTR·CAR·1·04·004/15 y N·CTR·CAR·1·04·005/15.

La dosificación final será determinada en campo mediante por el laboratorio de control de calidad y aceptado por la dependencia para garantizar un buen desempeño del pavimento.

n) Carpeta asfáltica

Finalmente, sobre la capa correspondiente se colocará la capa de carpeta asfáltica en caliente con material pétreo procedente del banco de préstamo, fabricada en planta y transportada por camiones hasta el local de obra donde será extendida por pavimentadora y compactada por rodillos lisos y neumáticos, en un espesor de acuerdo con el proyecto de pavimentos.

5.3.4 Señalización y control de tránsito

La señalización y el control de tránsito en la Extensión Paseo Tabasco se desarrollan como parte integral de la obra civil, mediante la incorporación de elementos físicos que permiten delimitar, organizar y regular los espacios de circulación dentro de la sección vial proyectada.

La señalización horizontal se ejecuta sobre la superficie de rodamiento mediante la aplicación de pintura de alta durabilidad, definiendo carriles de circulación, líneas de separación, franjas de confinamiento, zonas de ascenso y descenso, así como cruces peatonales. Estas marcas cumplen la función de guiar la operación vehicular y establecer visualmente la distribución de la sección vial, especialmente en las zonas donde se integra el carril confinado con los carriles de tránsito mixto.

En el carril confinado de transporte público, el control de tránsito se materializa principalmente mediante dispositivos físicos de segregación, los cuales permiten separar de manera efectiva la circulación de autobuses del tránsito general. Estos elementos se disponen longitudinalmente a lo largo del corredor, delimitando el carril exclusivo y evitando invasiones, lo que contribuye a preservar la integridad de la infraestructura y a reducir interferencias entre flujos.

La señalización vertical se integra mediante la colocación de placas y dispositivos reglamentarios, preventivos e informativos, ubicados en puntos estratégicos de la vialidad, tales como accesos, intersecciones y zonas de paradero. Su función es complementar la señalización horizontal mediante indicaciones físicas visibles que refuerzan la operación de la vialidad y las condiciones de circulación.

Como parte del control de tránsito, también se consideran elementos de apoyo como delimitadores, bolardos y dispositivos de canalización, los cuales permiten encauzar los movimientos vehiculares, reforzar la separación de flujos y mejorar la legibilidad de la infraestructura vial. Estos elementos se integran directamente a la obra civil y forman parte de la configuración final del corredor.

5.3.5 Drenaje

El sistema de drenaje pluvial de la Extensión Paseo Tabasco constituye un componente fundamental de la infraestructura vial, cuyo objetivo es garantizar la adecuada captación, conducción y evacuación de las aguas superficiales generadas por la escorrentía pluvial, preservando la funcionalidad de la vía y contribuyendo a la protección de la estructura del pavimento. Su diseño responde a las condiciones particulares del proyecto, desarrollado en un entorno de baja pendiente y con presencia de zonas susceptibles a la acumulación de agua, lo que exige una gestión eficiente de los escurrimientos para evitar encharcamientos, erosión y afectaciones a la infraestructura asociada.

Para ello, la superficie de rodamiento ha sido configurada con pendientes transversales que favorecen el escurrimiento controlado hacia los elementos de captación, integrando un sistema compuesto por obras de drenaje longitudinal y transversal que trabajan de manera complementaria para garantizar la continuidad hidráulica y el adecuado desalojo de los caudales generados durante los eventos de lluvia de diseño.

El sistema contempla, además, la incorporación de estructuras de conducción, captación y descarga, así como la adecuación de infraestructura existente cuando resulta necesario, permitiendo la integración de la nueva configuración vial con las condiciones hidráulicas y de servicios presentes en el corredor. De esta manera, se asegura la protección de la subrasante y de las capas estructurales del pavimento, evitando pérdidas de capacidad asociadas a la presencia de agua y contribuyendo a la durabilidad y seguridad operacional de la vía.

A continuación, se describen las principales características de los sistemas de drenaje longitudinal y transversal que conforman la solución hidráulica para el proyecto.

5.3.5.1 Drenaje longitudinal

El drenaje longitudinal del proyecto está conformado principalmente por un sistema de guarniciones que conduce los escurrimientos superficiales a lo largo de la mayor parte de la vialidad. Estas estructuras aprovechan la pendiente transversal de la vía para encauzar eficientemente las aguas pluviales, sin requerir un espacio significativo dentro de la sección vial. Complementariamente, se dispone de colectores pluviales, utilizados principalmente en accesos a infraestructuras, vías de conexión y sectores adyacentes a muros de contención, donde las condiciones geométricas o hidráulicas así lo requieren.

La captación de las aguas pluviales se realiza mediante elementos como bocas de tormenta y rejillas, estratégicamente ubicados en zonas bajas, cambios de pendiente y puntos de concentración de escurrimientos. Estos dispositivos se conectan a una red de drenaje pluvial encargada de transportar los caudales hacia puntos de descarga previamente definidos, principalmente obras de drenaje transversal y áreas con cobertura vegetal. La descarga se efectúa mediante canales que enlazan el sistema de drenaje longitudinal con dichos puntos de disposición, garantizando la continuidad hidráulica y el adecuado funcionamiento de la red de drenaje.

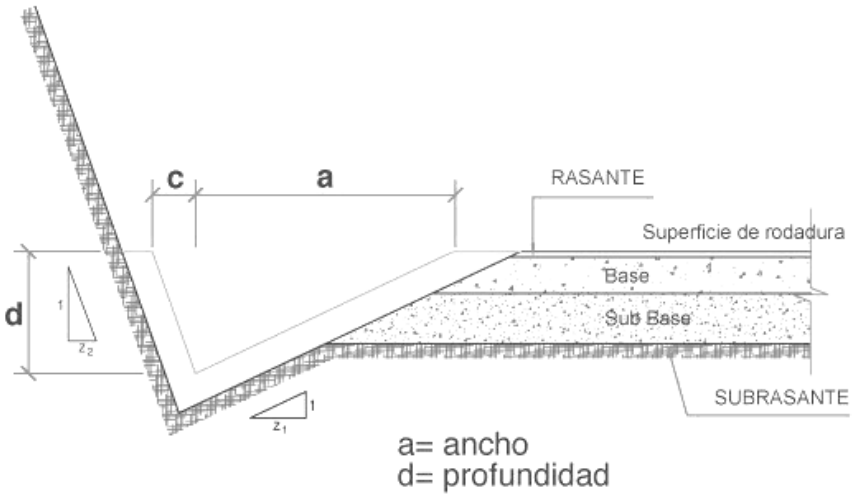


Figura 30 Detalle tipo de cuneta longitudinal.

5.3.5.2 Drenaje transversal

El drenaje transversal fue diseñado considerando que el proyecto se desarrolla en una zona de baja pendiente, caracterizada por la presencia de múltiples áreas susceptibles a la acumulación de agua. En respuesta a estas condiciones hidráulicas, se incorporaron obras de drenaje transversal tipo batería, constituidas por marcos múltiples de sección cuadrada, predominantemente de tres celdas, con el propósito de maximizar la capacidad de captación y conducción de los escurrimientos.

Estas estructuras funcionan como vasos comunicantes entre ambos lados de la vía, permitiendo el tránsito adecuado de los flujos superficiales y evitando la generación de represamientos que puedan afectar la infraestructura asociada al corredor vial o provocar el paso del agua sobre la rasante. Adicionalmente, los marcos múltiples desempeñan un papel fundamental en la recepción y conducción de una parte importante de los caudales provenientes del sistema de drenaje longitudinal, transportándolos de manera segura hacia los puntos de descarga definidos en el proyecto y garantizando la continuidad hidráulica del sistema.

A continuación, se muestran de manera esquemática la localización general de las obras de cruce previstas, así como el perfil longitudinal tipo y la sección transversal correspondiente a los marcos múltiples considerados en el diseño

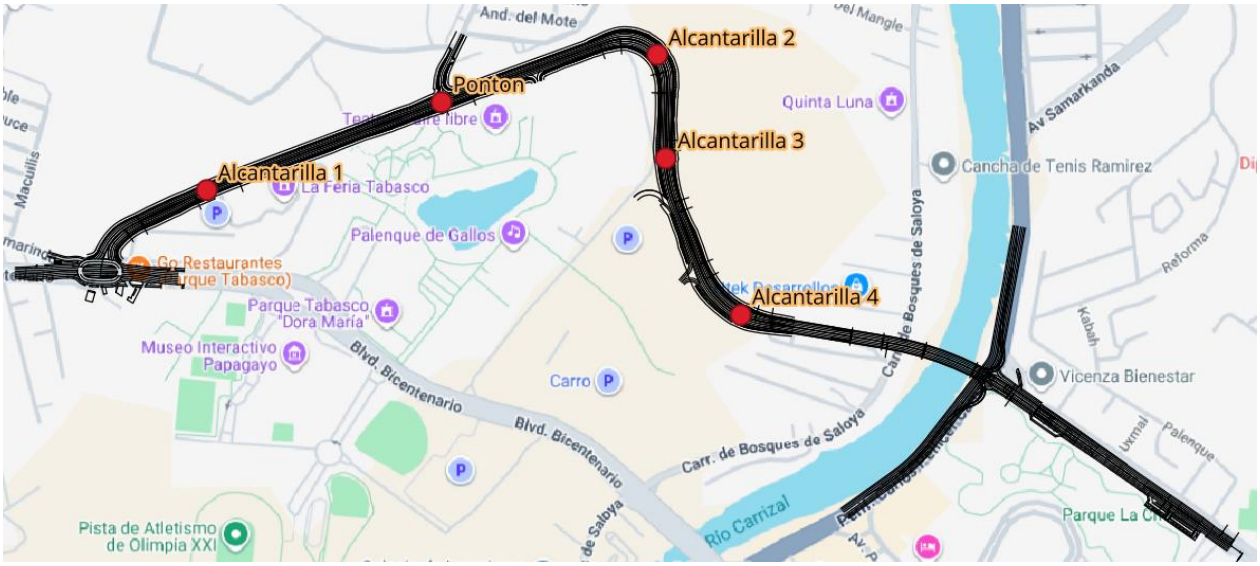


Figura 31. Ubicación general de las obras de cruce.

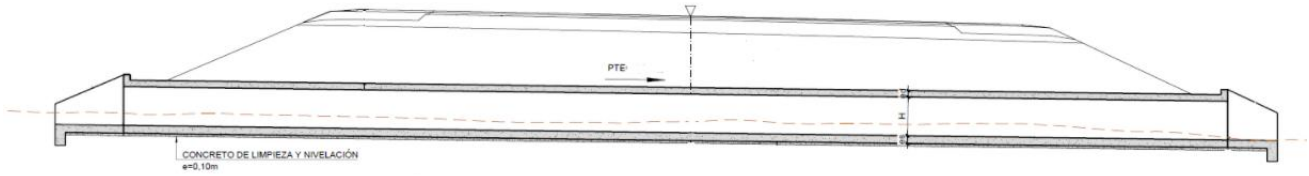


Figura 32 Perfil longitudinal típico - Obra de cruce transversal.

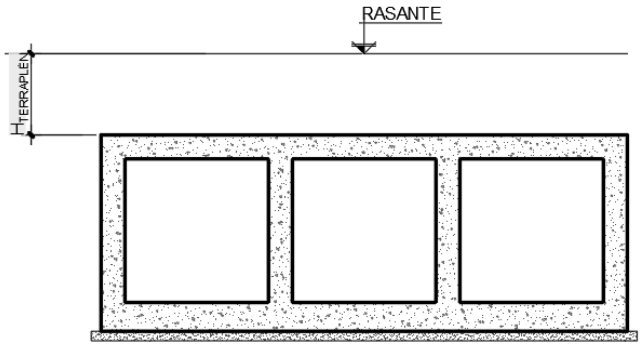


Figura 33. Sección típica - Obra de cruce transversal.

5.3.6 Estaciones

Las estaciones del sistema BRT se conciben como elementos funcionales y representativos dentro del corredor urbano, diseñadas bajo criterios de eficiencia operativa, integración urbana y confort

para las personas usuarias.

Se proyectan estaciones bidireccionales con anchos variables de 3.00 a 4.00 m y 50m de longitud, lo que permite atender adecuadamente la demanda de ascenso y descenso de pasajeros, garantizando condiciones de circulación seguras y accesibles. Cada estación contempla accesos en ambos extremos, facilitando la distribución de flujos peatonales y mejorando la accesibilidad desde el entorno inmediato.

El diseño arquitectónico y constructivo se fundamenta en tres ejes principales:

- Identidad del lugar, mediante el uso de materiales y elementos que retoman características de la región.
- Resistencia climática, considerando las condiciones ambientales locales, particularmente humedad, temperatura y precipitación.
- Confort para las personas, asegurando espacios funcionales, sombreados y de fácil mantenimiento.

En cuanto a su materialidad, las estaciones incorporan:

- Muros de piedra regional, que aportan integración con el contexto y durabilidad.
- Pisos de concreto buzardeado y pigmentado, que ofrecen resistencia al desgaste y condiciones adecuadas de seguridad peatonal.
- Estructura principal de concreto, garantizando estabilidad estructural y bajo mantenimiento.
- Vegetación endémica, utilizada como elemento de integración paisajística y mejora del confort ambiental.



Figura 34 Vista isométrica de Estación en Extensión Paseo Tabasco.

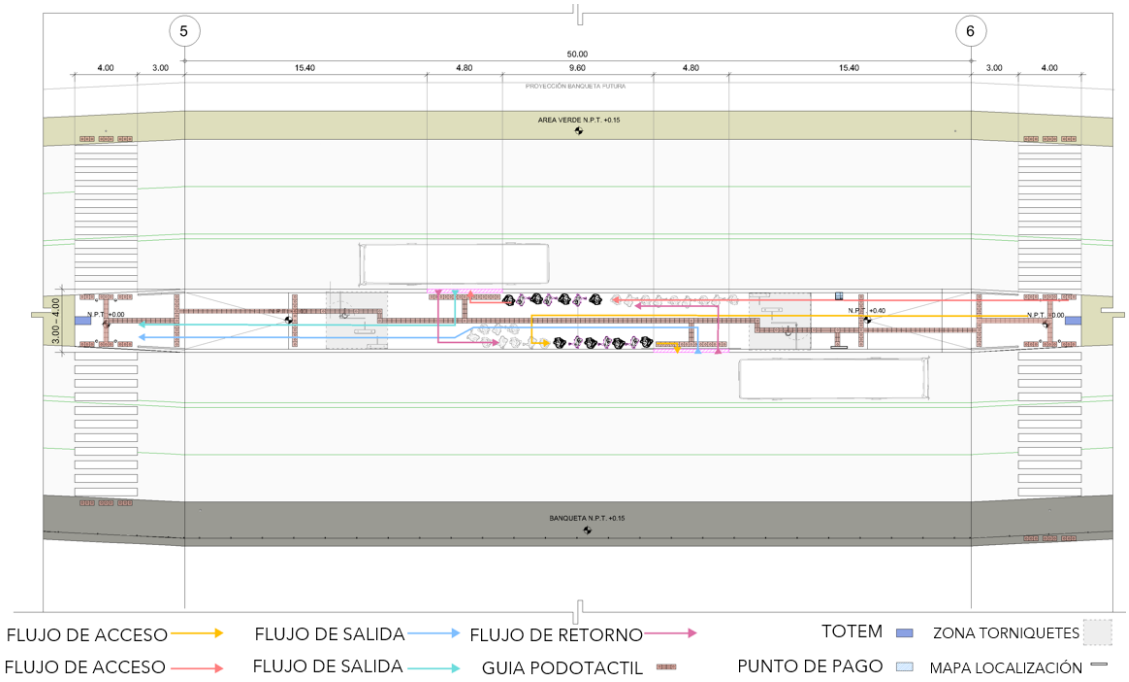


Figura 35 Vista en planta Estaciones Extensión Paseo Tabasco.

En cada estación está previsto colocar tótem informativo referente a cada estación en particular.

La propuesta contempla la utilización de un sistema de señalización fabricado en acero porcelanizado, compuesto por una estructura metálica con acabado de pintura electrosoldada y paneles con gráfica serigrafiada sobre superficie vitrificada de alta resistencia. Esta solución constructiva permite obtener elementos de señalización con elevados estándares de calidad estética y funcional, garantizando una adecuada conservación de la información gráfica a lo largo de su vida útil.

El sistema incorpora un tratamiento anticorrosivo que proporciona una alta resistencia frente a las condiciones ambientales y a posibles actos de vandalismo, contribuyendo a mantener la integridad física y visual de los elementos instalados en el espacio público. Asimismo, la posibilidad de emplear una paleta cromática amplia favorece la generación de una identidad visual consistente, facilita la orientación de los usuarios y mejora la integración de la señalización dentro del entorno urbano.

Entre sus principales ventajas destacan la elevada durabilidad del material, sus reducidos requerimientos de mantenimiento y la excelente estabilidad cromática de los acabados, lo que permite conservar la legibilidad y apariencia original de la información durante periodos prolongados de exposición.

La selección del acero porcelanizado responde a la necesidad de implementar un sistema de señalización robusto, confiable y de bajo costo de conservación, capaz de preservar de forma

permanente la calidad gráfica, la imagen institucional y la identidad visual del proyecto, garantizando su desempeño operativo y estético durante toda su vida útil de servicio.

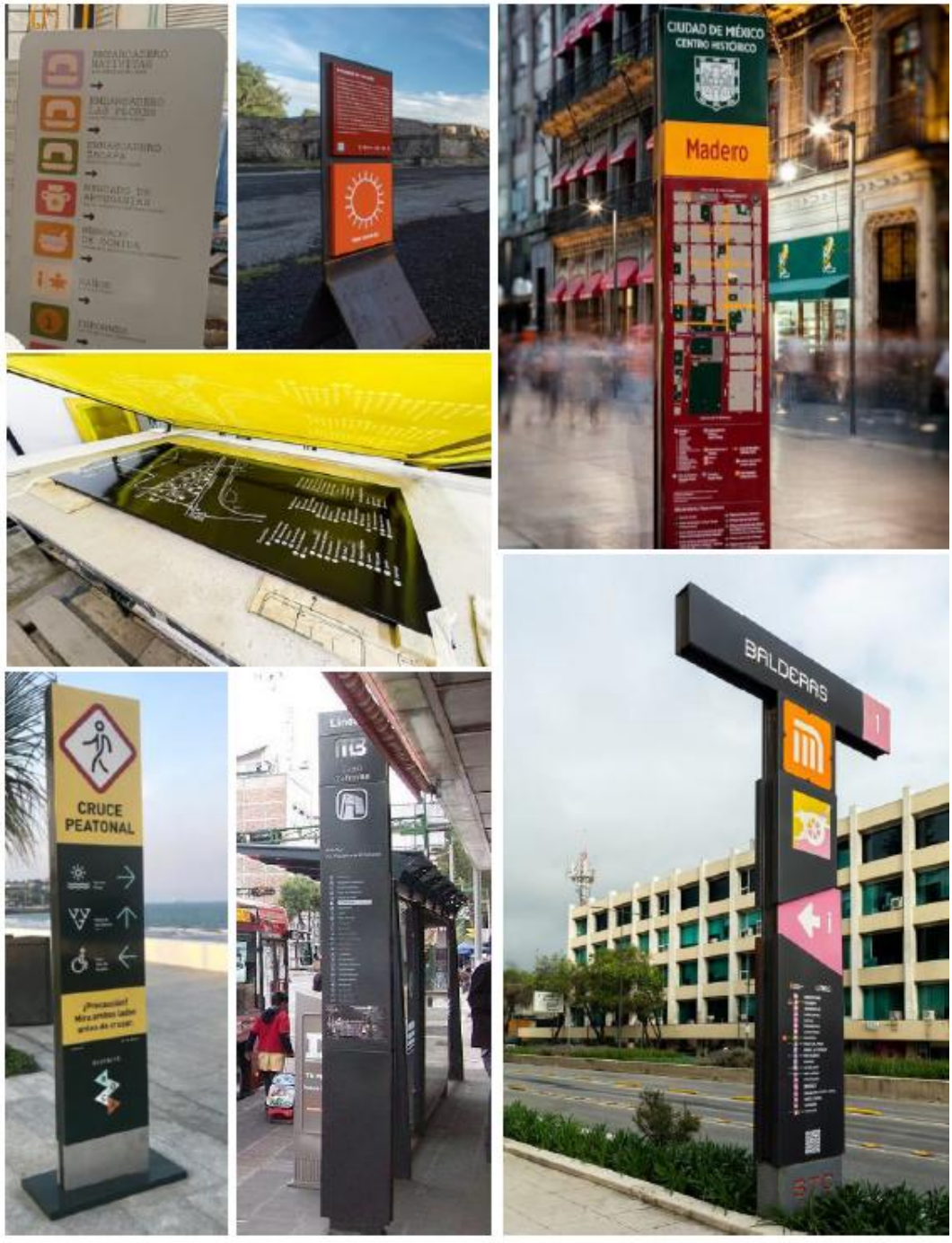


Figura 36 Ejemplos de Tótems a colocar en estaciones de transporte público.

5.3.7 Guarniciones y banquetas

Las obras de guarniciones y banquetas en la Extensión Paseo Tabasco forman parte integral de la sección urbana del proyecto, permitiendo la delimitación física de la vialidad, la protección de la estructura de pavimento y la conformación de espacios destinados al tránsito peatonal.

Las guarniciones se proyectan como elementos longitudinales de concreto que definen los límites entre la superficie de rodamiento, las banquetas y, en su caso, las áreas verdes laterales. Estos elementos contribuyen a la contención de los materiales de la estructura de pavimento, al encauzamiento del escurrimiento superficial hacia el sistema de drenaje y a la organización general de la sección vial.

En cuanto a las banquetas, se consideran anchos variables en función de las condiciones del tramo y del espacio disponible dentro del derecho de vía. Se contemplan secciones de 1.80 m de ancho en zonas con restricciones de espacio, así como tramos con banquetas de hasta 3.00 m de ancho, principalmente ubicadas en el lateral derecho del corredor. Estas dimensiones permiten garantizar la circulación peatonal continua y segura, así como la incorporación de elementos complementarios cuando las condiciones lo permiten.

En el lateral izquierdo de la vialidad se incorpora una franja de área verde de aproximadamente 1.20 m de ancho, la cual actúa como elemento de transición entre la vialidad y el entorno urbano. Esta franja contribuye a la separación física entre flujos, mejora la integración paisajística del proyecto y permite la incorporación de vegetación en zonas específicas.

Las banquetas se construyen mediante losas de concreto hidráulico con acabado adecuado para tránsito peatonal, considerando pendientes transversales que faciliten el desalojo de agua hacia las zonas de captación. Asimismo, se garantiza la continuidad en los accesos, cruces y conexiones con vialidades existentes, evitando discontinuidades en los recorridos peatonales.

5.3.8 Urbanismo y Mobiliario Urbano

Se propone mejorar de los espacios públicos dando prioridad a la movilidad peatonal. Se incluyen banquetas peatonales con luminarias, locales de descanso con bancas y vegetación para sombra.

El proyecto de Extensión Paseo Tabasco seguirá los lineamientos arquitectónicos del proyecto de Centro de Convenciones y Malecón, considerando la misma materialidad pétrea de concretos pigmentados con tonos rojizos y claros, formas geométricas, circulación peatonal y accesos vehiculares, y la misma paleta vegetal.



Figura 37 Lineamientos de materialidad propuestos para el proyecto urbanístico.

A continuación, se presentan imágenes de que reflecten la descripción anterior.



Figura 38 Extensión Paseo Tabasco con el Centro de Convenciones en el fondo del imagen.



Figura 39 Avenida Paseo Tabasco incluyendo carril confinado de transporte público.



Figura 40 Mejora de espacios urbanos bajo puente.

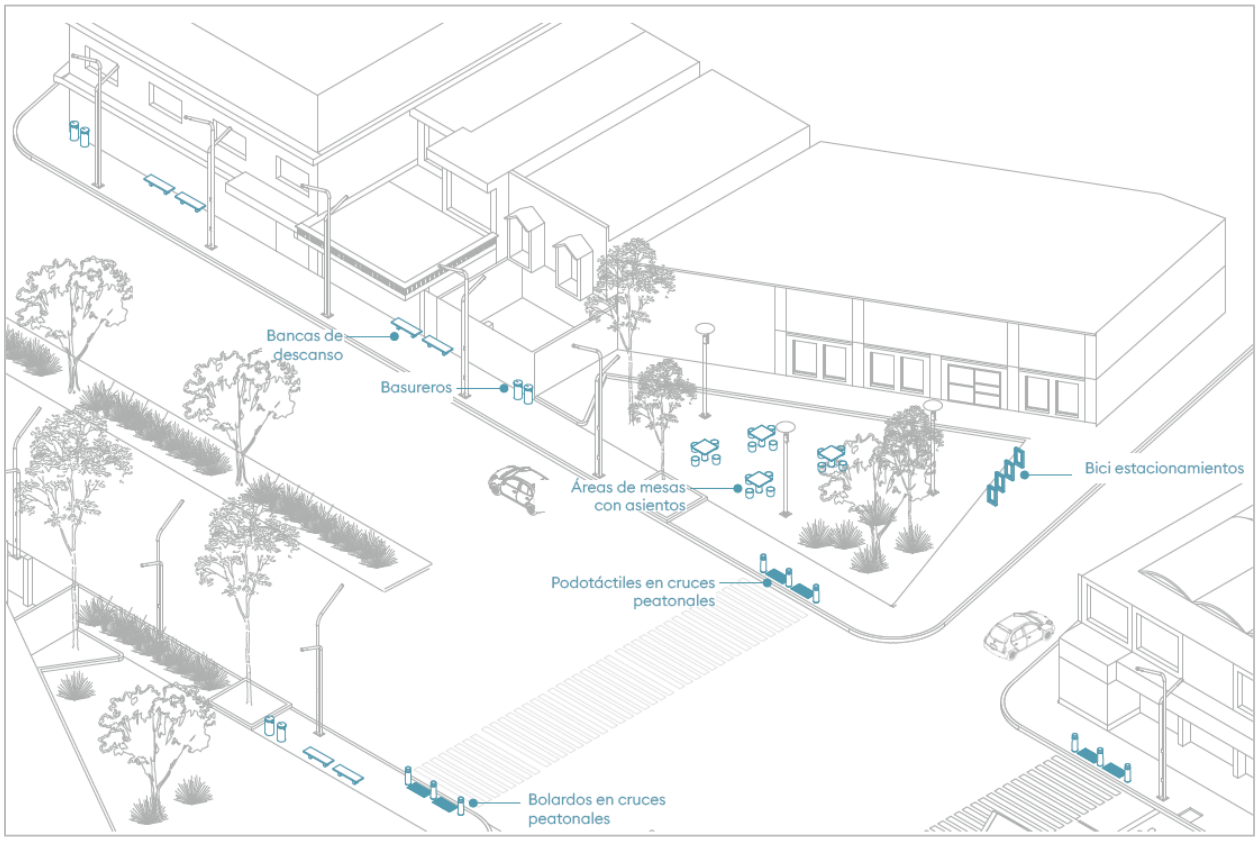


Figura 41 Mobiliario Urbano.

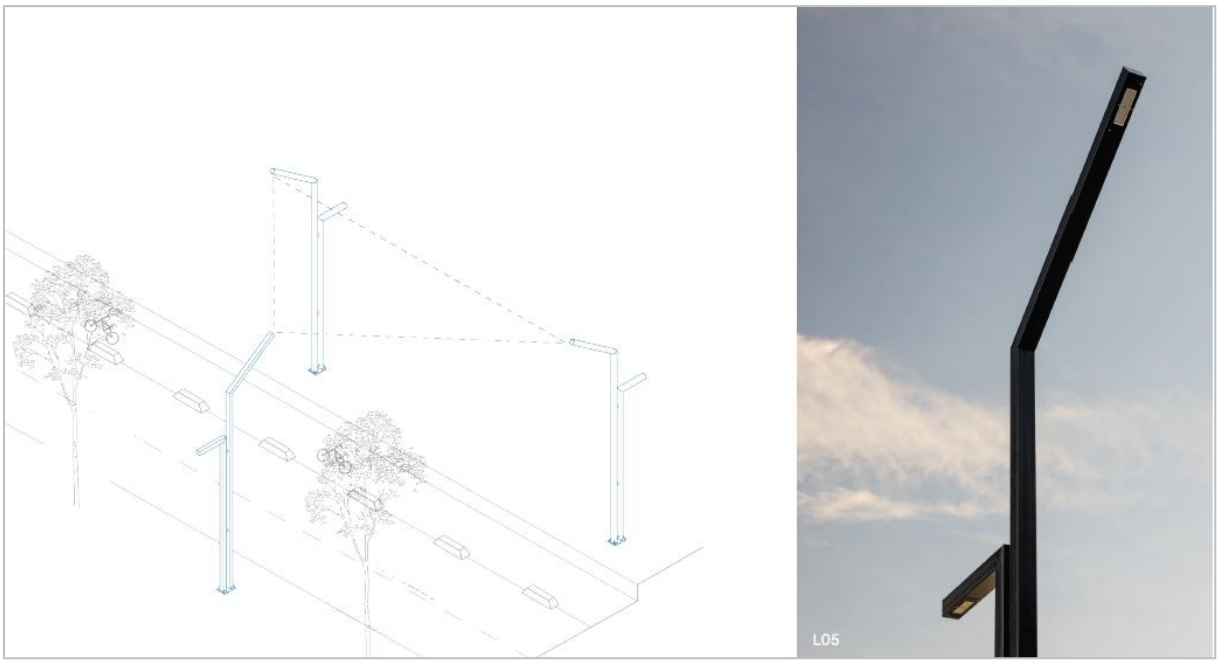


Figura 42 Iluminación Pública.

5.3.9 Paisaje

La propuesta de selección vegetal para esta vialidad tiene como objetivo conformar una paleta de especies nativas e introducidas adaptadas a las condiciones climáticas de la región tropical, garantizando su adecuado establecimiento, desarrollo y permanencia a largo plazo. Para la definición de las especies se consideraron aspectos como las condiciones climáticas locales, la forma biológica de cada especie, el tipo y profundidad de raíz para evitar afectaciones a la infraestructura urbana, así como su nivel de adaptación e identificación con el paisaje de la ciudad. La estrategia busca fortalecer la imagen urbana del corredor vial mediante criterios específicos para el tratamiento paisajístico de camellones, banquetas, glorietas, monumentos y estaciones de transporte público.

Con el propósito de asegurar una integración armónica de la vegetación a lo largo de la vialidad, se definieron tres tipologías de tratamiento. En el **Tramo de Extensión Paseo Tabasco** se contempla arbolado en banquetas acompañado de cubresuelos, sin incorporación de vegetación en el camellón central. Por fin en el **Tramo de Av. Paseo Tabasco** considera arbolado en banquetas con cubresuelos, complementado con arbolado y vegetación de porte bajo en el camellón. Se prevé además que el nuevo arbolado se integre de manera complementaria al arbolado existente, favoreciendo la continuidad de la cobertura vegetal y la identidad del entorno.

Para las áreas de monumentos y glorietas se establecieron tratamientos diferenciados. En el **Tramo de Extensión Paseo Tabasco**, se propone arbolado en camellón acompañado de vegetación baja que enmarque perimetralmente los monumentos mediante especies de contraste.

En las estaciones de transporte público se consideran dos esquemas de intervención. El **Tramo de Extensión Paseo Tabasco** contempla arbolado en banquetas y vegetación baja en jardineras interiores de las estaciones. Por su parte, el **Tramo de Av. Paseo Tabasco** prescinde del arbolado en banquetas, manteniendo vegetación de porte bajo en las jardineras interiores con el fin de optimizar la funcionalidad de los espacios y facilitar las operaciones de mantenimiento.

La propuesta paisajística busca mejorar significativamente la calidad visual de la vialidad y reforzar la identidad urbana mediante el uso predominante de especies arbóreas nativas. De manera complementaria, el incremento de la cobertura vegetal contribuirá a la mitigación del efecto de isla de calor, al mejoramiento del confort ambiental y a la recuperación de áreas verdes urbanas. Asimismo, la selección de especies herbáceas y arbustivas con potencial florístico favorecerá la atracción de polinizadores y el fortalecimiento de la biodiversidad, generando beneficios ambientales y paisajísticos para la ciudad en el largo plazo.

A continuación, se presentan las especies propuestas y su aplicabilidad.

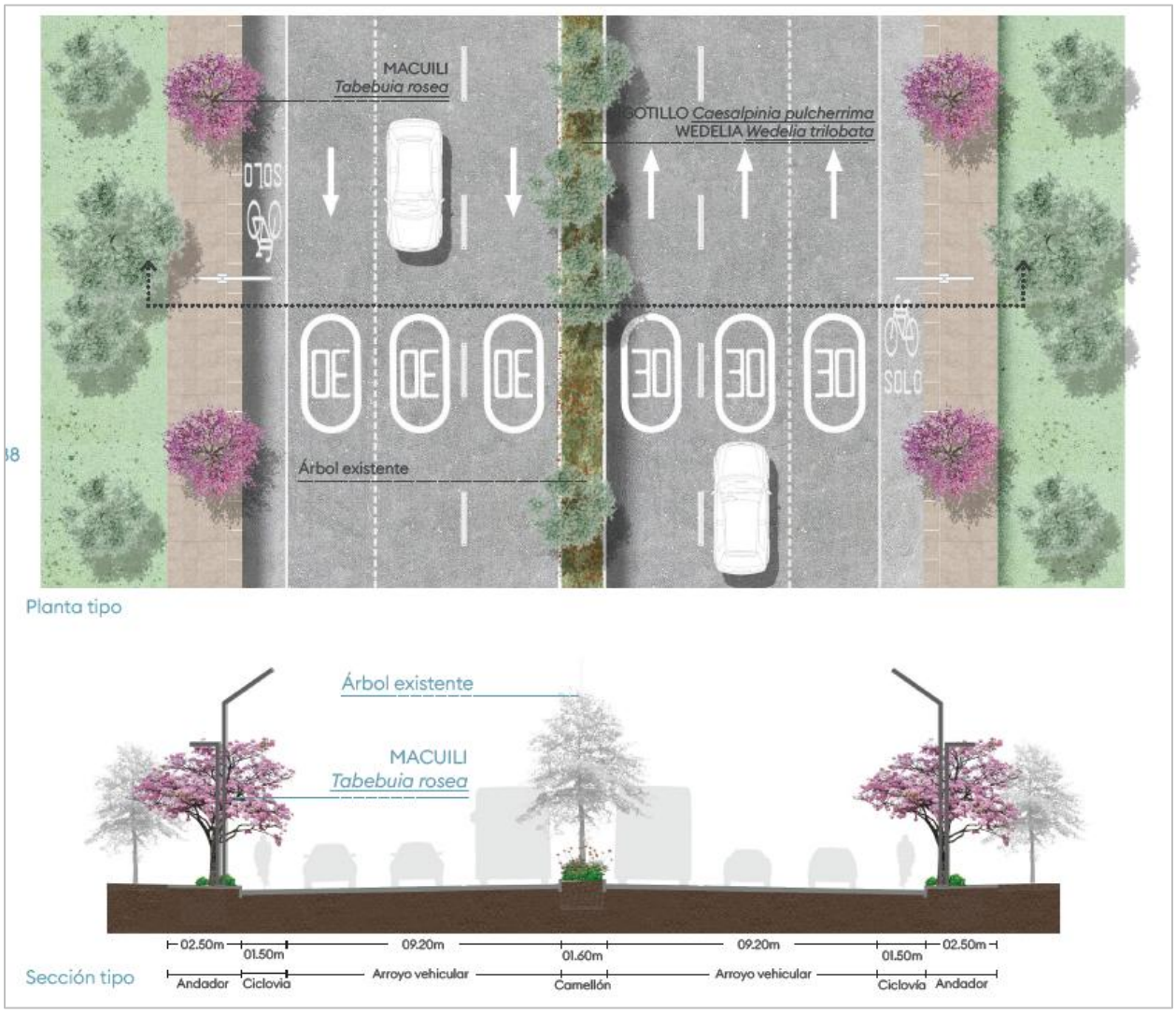


Figura 43 Propuesta vegetal para camellón y banquetas de Av. Paseo Tabasco.

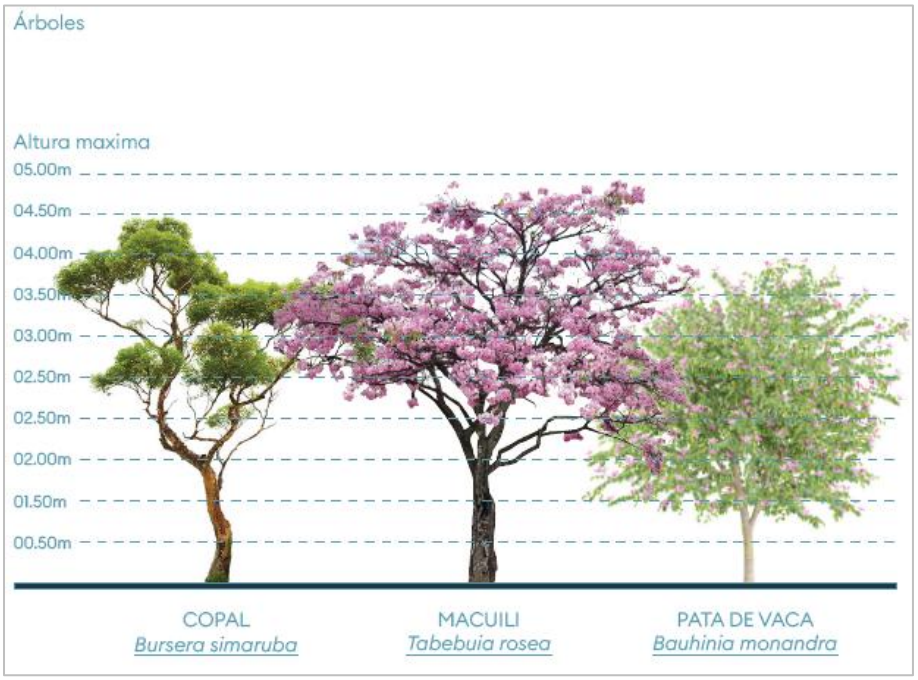


Figura 44 Paleta vegetal arbórea para Av. Paseo Tabasco.

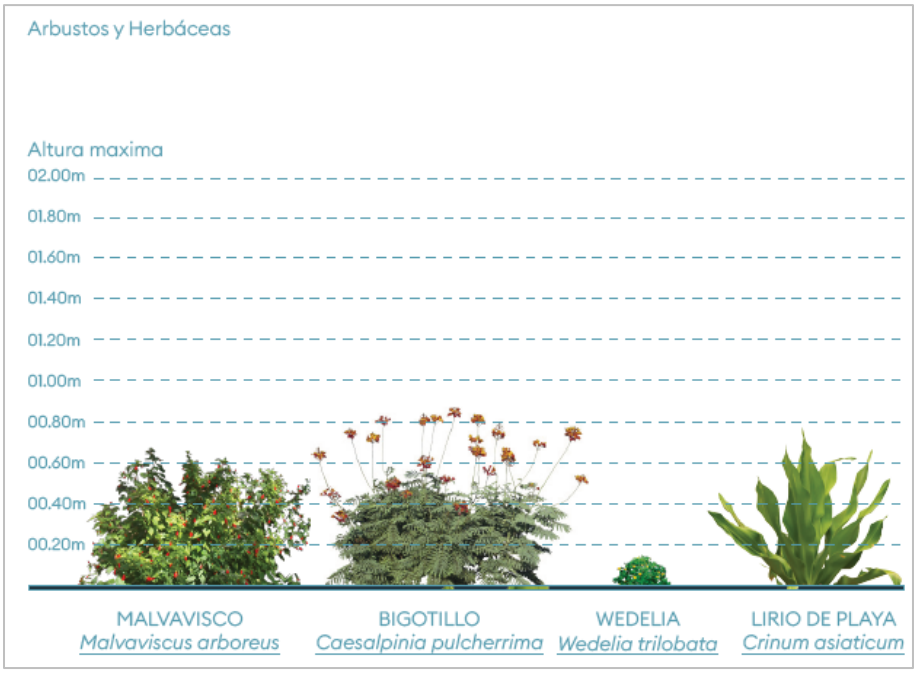


Figura 45 Paleta vegetal de arbustos para Av. Paseo Tabasco.

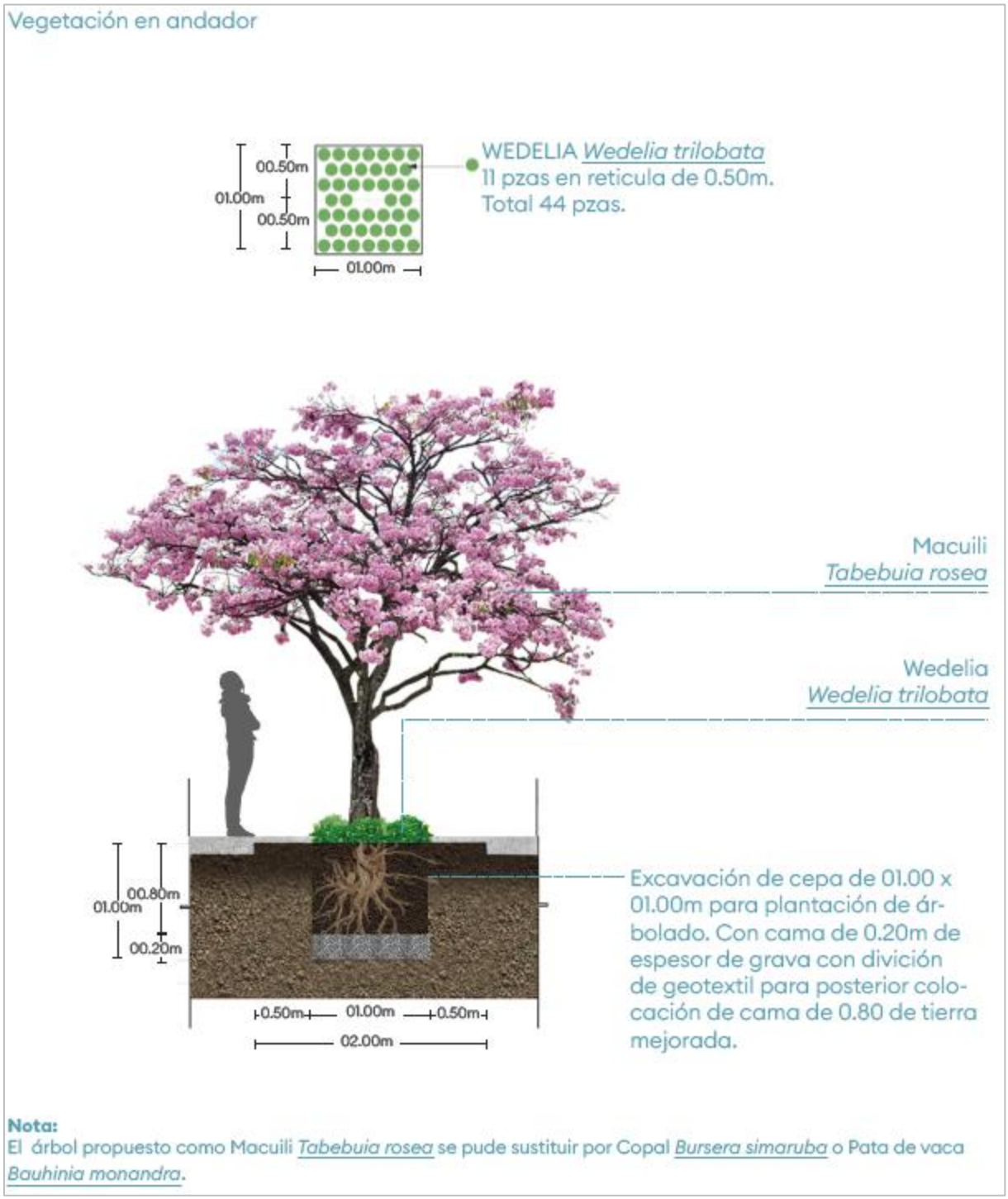


Figura 46 Detalle y módulo de plantación en andador.

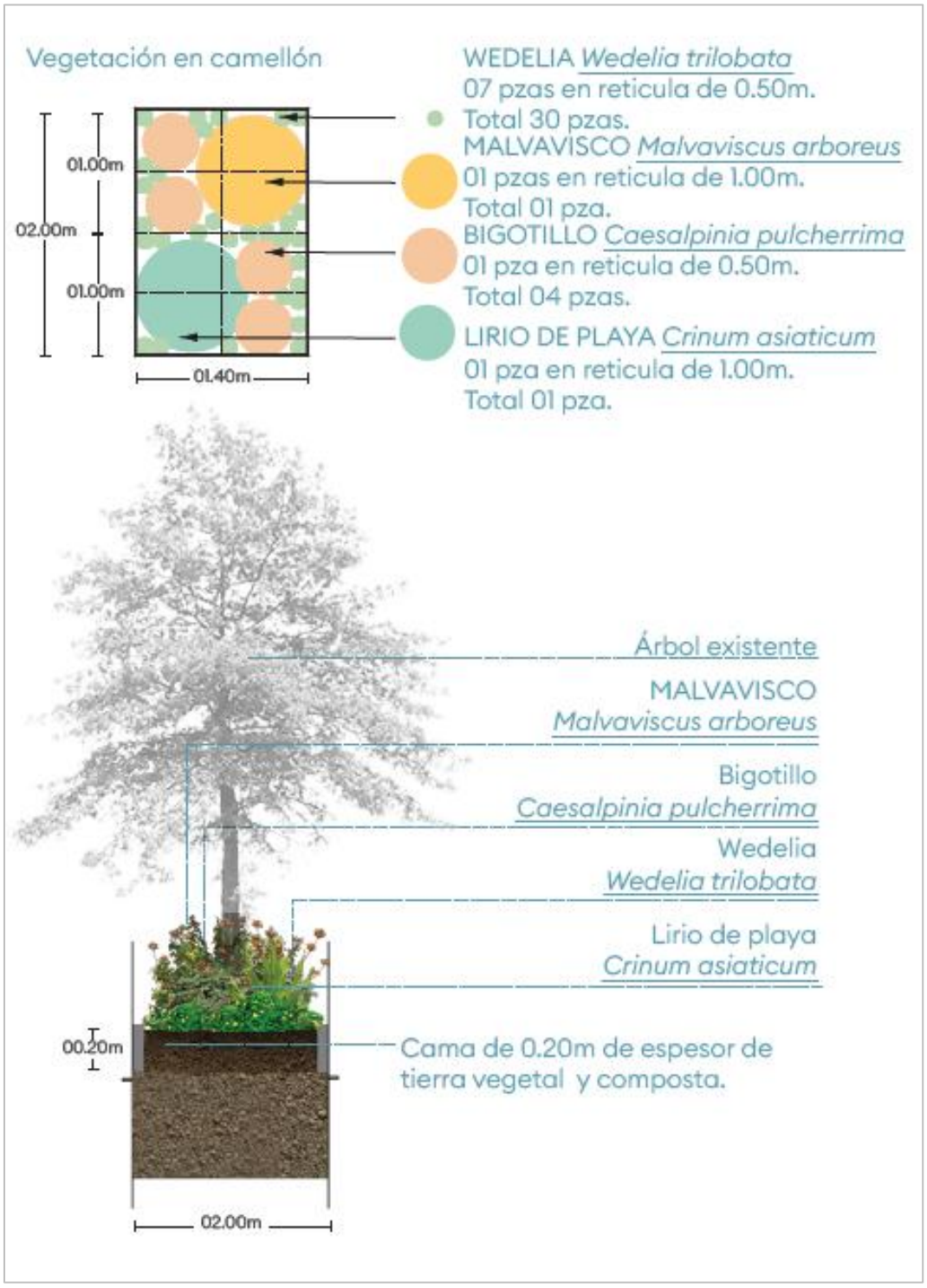


Figura 47 Detalle y módulo de plantación en camellón central.

5.3.10Proyecto de estructuras y servicios afectados y a colocar

Se definirán los trabajos correspondientes a la identificación, desenergización controlada, remoción y reposición de los servicios afectados de CFE, agua potable, sanitario, pluvial, telecomunicaciones por la ejecución del corredor, así como la protección de ductos de PEMEX localizados dentro del área de obra.

Se definirán los trabajos correspondientes a la implantación de servicios nuevos en el corredor, que comprenden: ductos para cableado eléctrico subterráneo, ductos para telecomunicaciones subterráneas, red de agua potable con sus accesorios y colocación de postes de iluminación.

5.3.11Obras Inducidas

Como parte del desarrollo del proyecto Extensión Paseo Tabasco, se considera la identificación de aquellas instalaciones, servicios públicos, elementos urbanos e infraestructura existente que se ubican dentro del área de influencia del corredor y que podrían verse afectados por la ejecución de la obra civil.

Estas obras inducidas comprenden elementos asociados a redes eléctricas, alumbrado público, telecomunicaciones, infraestructura hidráulica y sanitaria, señalamiento, arbolado, mobiliario urbano, accesos, bardas, registros, pozos y demás componentes existentes que forman parte de la operación actual del entorno urbano.

La revisión de estos elementos tiene como finalidad prever posibles interferencias con la sección vial proyectada, banquetas, carriles, zonas de confinamiento, paraderos, accesos, excavaciones, canalizaciones, obras de drenaje y áreas de maniobra necesarias para la construcción del proyecto. En función de su ubicación y grado de afectación, se deberán definir acciones de protección, adecuación, ajuste de nivel, retiro temporal, reubicación, reposición o modificación.

Toda intervención sobre infraestructura existente deberá realizarse previa verificación en campo y en coordinación con la dependencia, concesionario, organismo operador o propietario responsable, procurando mantener la continuidad de los servicios, la seguridad de los usuarios y trabajadores, así como la correcta integración de los elementos existentes con la configuración final del corredor.



Figura 48 Vista en planta Obras Inducidas Extensión Paseo Tabasco.

Se presenta a continuación tabla con el listado de Obra Inducida identificada en la zona de Extensión Paseo Tabasco y Puente Carrizal.

Tabla 5-15 Listado de Obra Inducida Identificada en el trazado de Extensión Paseo Tabasco.

PK	Obra Inducida	Cantidad	Observaciones
0+025	Linea Subterranea CFE	3	Salida de Cruces de Lineas Subterraneas en el eje de troncal del trazo
0+028	Poste Lumininaria	1	Afectacion por trazo de Obra
0+030	Poste Lumininaria	1	Afectacion por trazo de Obra
0+062	Linea Subterranea CFE	1	Salida de Cruces de Lineas Subterraneas en el eje de troncal del trazo
0+066	Poste Existente CFE	1	No es Afectacion por trazo de Obra
0+097	Registro CFE	1	Afectacion por trazo de Obra
0+100	Linea Subterranea CFE	3	Reingreso de Cruces de Lineas Subterraneas en el eje de troncal del trazo
0+100	Poste Existente CFE	1	Afectacion por trazo de Obra
0+100	Registro CFE	1	Afectacion por trazo de Obra
0+120	Linea Subterranea CFE	3	Salida de Cruces de Lineas Subterraneas en el eje de troncal del trazo
0+138	Poste Existente CFE	1	No es Afectacion por trazo de Obra
0+138	Poste de Sistema de Seguridad	1	Afectacion por trazo de Obra
0+176	Registro CFE	1	No es Afectacion por trazo de Obra
0+178	Registro CFE	1	No es Afectacion por trazo de Obra
0+187	Poste Existente CFE	1	No es Afectacion por trazo de Obra
0+212	Poste Existente CFE	1	Afectacion por trazo de Obra
0+247	Poste Existente CFE	1	Afectacion por trazo de Obra
0+272	Poste Existente CFE	1	Afectacion por trazo de Obra
0+290	Poste Existente CFE	1	Afectacion por trazo de Obra

0+318	Linea Subterranea CFE	1	Entrada de Cruces de Lineas Subterraneas en el eje de troncal del trazo
0+322	Poste Existente CFE	1	Afectacion por trazo de Obra
0+322	Transformador CFE	1	Afectacion por trazo de Obra
0+323	Registro CFE	1	Afectacion por trazo de Obra
0+330	Poste Existente CFE	1	Afectacion por trazo de Obra
0+355	Linea Subterranea CFE	4	Reingreso de Cruces de Lineas Subterraneas en el eje de troncal del trazo
0+367	Registro CFE	1	Afectacion por trazo de Obra
0+370	Linea Subterranea CFE	4	Salida de Cruces de Lineas Subterraneas en el eje de
0+371	Poste Existente CFE	1	Afectacion por trazo de Obra
0+374	Registro CFE	1	Afectacion por trazo de Obra
0+411	Poste Existente CFE	1	Afectacion por trazo de Obra
0+416	Linea Aerea CFE	1	Afectacion por trazo de Obra
0+421	Poste Existente CFE	1	Afectacion por trazo de Obra
0+451	Poste Existente CFE	1	Afectacion por trazo de Obra
0+457	Poste Existente CFE	1	Afectacion por trazo de Obra
0+466	Poste Existente CFE	1	Afectacion por trazo de Obra
0+469	Registro Sanitario	1	Registro Sanitario Afectada por Eje de Trazo (Verificar)
0+469	Poste Existente CFE	1	Afectacion por trazo de Obra
0+490	Registro Sanitario	1	Registro Sanitario Afectada por Eje de Trazo (Verificar)
0+542	Linea Pluvial	1	Salida de tuberia en el Eje de trazo
0+552	Registro Sanitario	1	Registro Sanitario Afectada por Eje de Trazo (Verificar)
0+560	Registro Pluvial	1	Registro Pluvial Afectada por Eje de Trazo (Verificar)
0+587	Linea Subterranea CFE	4	Inicio de Cruces de Lineas Subterraneas en el eje de troncal del trazo
0+662	Linea Subterranea CFE	2	Cruce Transversal Linea CFE
0+690	Linea Subterranea CFE	1	Cruce Transversal Linea CFE
0+692	Linea Subterranea CFE	1	Cruce Transversal Linea CFE
0+693	Linea Subterranea CFE	1	Cruce Transversal Linea CFE
0+707	Linea Pluvial	1	Cruce Trasnversal de la troncal
0+716	Linea Sanitaria	1	Cruce Trasnversal de la troncal y entreda horizontal al eje troncal
0+716	Linea Pluvial	1	Entrada de tuberia en el Eje de trazo
1+020	Linea Pluvial	1	Entrada de tuberia en el Eje de trazo
1+020	Linea Pluvial	1	Salida de tuberia en el Eje de trazo
1+120	Poste Lumininaria	1	Afectacion por trazo de Obra
1+388	Poste Existente CFE	1	Afectacion por trazo de Obra
1+388	Poste Existente CFE	1	Afectacion por trazo de Obra
1+388	Linea Aerea CFE	1	Afectacion por trazo de Obra
1+390	Linea Pluvial	1	Linea Salida en 1+431 sale en 1+525
1+477	Linea Pluvial	1	Linea Entra en 1+431 sale en 1+525
1+611	Linea Pemex	1	Afectacion por trazo de Obra
1+623	Linea Pemex	1	Afectacion por trazo de Obra

Por lo anterior, las obras inducidas que se describen a continuación deberán considerarse como elementos sujetos a revisión durante la etapa constructiva, especialmente en los puntos donde exista coincidencia o interferencia con el trazo y las obras proyectadas.

- Base de torre de CFE

En caso de que la base de la torre de CFE interfiera con el trazado o con elementos estructurales del proyecto, se deberá solicitar una revisión técnica formal a CFE para determinar si la estructura puede protegerse, reforzarse o requiere reubicación. El proceso deberá incluir el levantamiento topográfico de la torre, revisión de distancias de seguridad, análisis de afectación a la línea eléctrica, definición de una nueva ubicación compatible con el proyecto y elaboración del procedimiento constructivo autorizado. La reubicación deberá realizarse únicamente por personal especializado o contratistas autorizados por CFE, considerando libranzas, desconexiones o maniobras controladas que garanticen la continuidad y seguridad del servicio eléctrico. Las instalaciones eléctricas deberán cumplir criterios de seguridad aplicables a la NOM-001-SEDE-2012 y especificaciones de CFE.



Figura 49 Torre de CFE a reubicar por interferencia con el trazado de la avenida.

- Barda perimetral

Cuando una barda perimetral se ubique dentro del área de afectación del proyecto, se deberá identificar al propietario del predio y definir la longitud o tramo afectado. Antes de intervenirla, se deberá realizar levantamiento fotográfico, verificar límites de propiedad y acordar la solución de restitución. El proceso podrá incluir demolición parcial, retiro controlado, construcción de una barda provisional para mantener la seguridad del predio y posterior reposición de la barda definitiva en la nueva alineación establecida por el proyecto. La reposición deberá garantizar condiciones similares o mejores a las existentes en cuanto a seguridad, funcionalidad y delimitación.

- Registro de CFE

Si el registro CFE queda dentro de una zona de excavación, pavimentación, cimentación o drenaje proyectado, se deberá solicitar a CFE la localización y validación de la infraestructura. Posteriormente, se deberá definir si el registro puede conservarse mediante ajuste de nivel o si requiere reubicación. En caso de reubicación, se deberá construir previamente el nuevo registro, canalizar o desviar los ductos eléctricos existentes bajo condiciones seguras, realizar las conexiones correspondientes y verificar la continuidad del sistema. El registro anterior deberá cancelarse o retirarse una vez que la nueva instalación esté operando. No deberá manipularse cableado eléctrico sin autorización de CFE.

- Registro pluvial/Registro sanitario

Cuando un registro pluvial o sanitario interfiera con la obra, primero deberá identificarse el tipo de red a la que pertenece y verificar su nivel de plantilla, sentido de flujo, diámetro de tuberías y estado físico. Si sólo existe diferencia con la nueva rasante, se deberá ajustar el brocal y tapa al nivel terminado del pavimento o banqueta. Si la interferencia es directa con cimentaciones, excavaciones o nuevas redes, se deberá construir un registro nuevo fuera de la zona afectada, desviar las tuberías de entrada y salida, garantizar pendientes hidráulicas adecuadas y cancelar el registro existente. En redes sanitarias se deberá asegurar la hermeticidad y continuidad del servicio conforme a la NOM-001-CONAGUA-2011.

- Transformador de CFE

Si el transformador se encuentra dentro del área de obra o en una zona que represente riesgo por maniobras, excavaciones o circulación de maquinaria, deberá notificarse a CFE para evaluar su retiro temporal o reubicación definitiva. El proceso deberá considerar la identificación de usuarios alimentados, definición del nuevo punto de instalación, construcción de base o soporte, adecuación de acometidas y líneas de alimentación, programación de libranza o corte controlado del servicio, traslado del equipo y energización final. La maniobra deberá ser ejecutada únicamente por personal autorizado, manteniendo condiciones de seguridad eléctrica y continuidad del suministro.

- Acometida de CFE

Si una acometida cruza o invade el área de intervención, se deberá identificar el usuario al que alimenta, el tipo de acometida y su trayectoria. Posteriormente, se deberá coordinar con CFE la definición de una nueva ruta, ya sea aérea o subterránea, que no interfiera con la obra ni con la sección vial final. El proceso de reubicación deberá incluir retiro o desconexión controlada de la

acometida existente, instalación de nuevos soportes, ductos, canalizaciones o cableado, conexión al punto de suministro y verificación de servicio. Las acometidas en baja tensión cuentan con especificaciones técnicas de CFE para su instalación.

- Toma de agua

En caso de que una toma de agua interfiera con banquetas, pavimentos, guarniciones, excavaciones o estructuras, se deberá localizar la conexión existente y confirmar el usuario abastecido. Previo a su reubicación, se deberá coordinar con el organismo operador el cierre temporal del servicio, construcción de la nueva toma, instalación de tubería, llave de banqueta, medidor o caja según corresponda, reconexión al usuario y prueba de hermeticidad. La toma existente deberá cancelarse adecuadamente para evitar fugas. Las tomas y redes de agua potable deberán conservar condiciones de hermeticidad conforme a la NOM-001-CONAGUA-2011.

- Registro lumínico

Si el registro lumínico queda dentro de la zona de obra, deberá identificarse su relación con los postes de alumbrado y canalizaciones existentes. Si es viable conservarlo, se deberá ajustar su nivel a la rasante final. Si requiere reubicación, se deberá construir un nuevo registro en una zona compatible con banquetas, guarniciones o áreas verdes, canalizar nuevamente el cableado, realizar la conexión con las luminarias correspondientes y verificar el funcionamiento del circuito. La intervención deberá coordinarse con el municipio o responsable del alumbrado público y ejecutarse evitando dejar cableado expuesto.

- Ducto de PEMEX

Si se identifica un cruce o cercanía con un ducto de PEMEX, este elemento deberá considerarse como una interferencia crítica. Antes de cualquier excavación, perforación, hincado o trabajo pesado, se deberá solicitar información oficial al operador, realizar localización precisa del ducto, delimitar zona de seguridad y desarrollar un análisis de riesgo. En caso de requerirse reubicación o protección especial, el procedimiento deberá ser definido y autorizado por PEMEX o el operador correspondiente, considerando protección mecánica, modificación de trazo, obras de resguardo o adecuaciones específicas. La NOM-009-ASEA-2017 regula la administración de integridad de ductos de hidrocarburos, petrolíferos y petroquímicos, por lo que cualquier trabajo cercano debe priorizar seguridad industrial, operativa y ambiental.

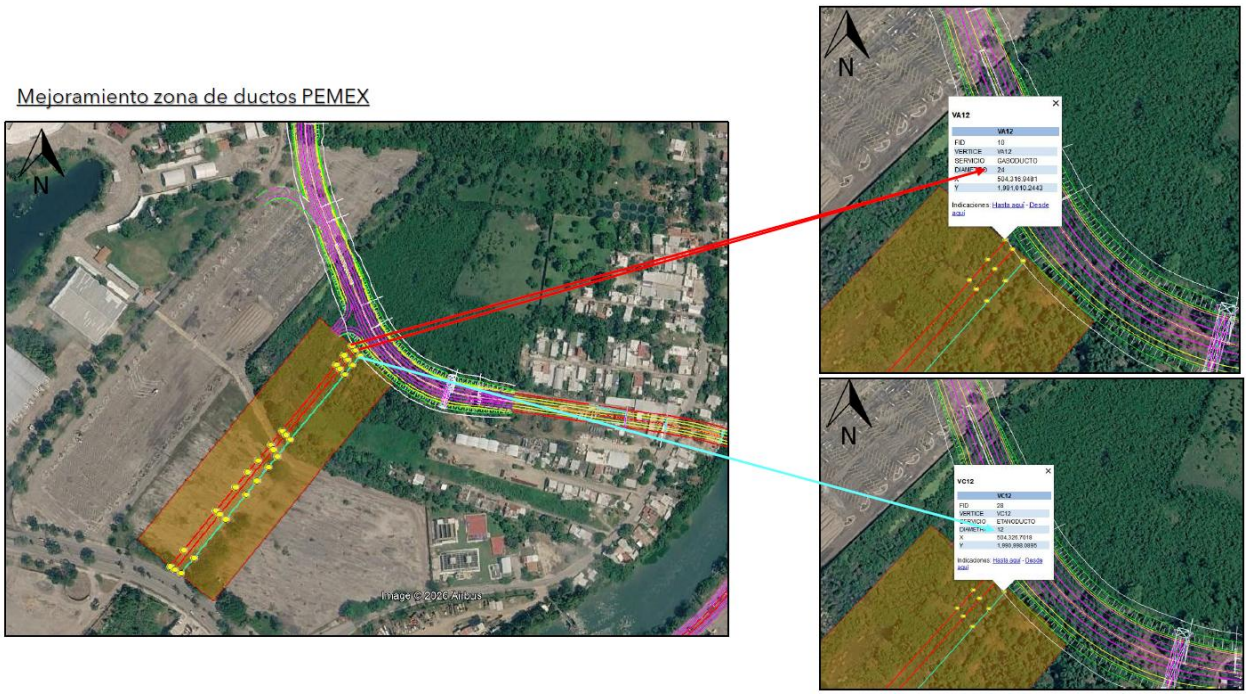


Figura 50 Ubicación de Ductos de PEMEX, dos gasoductos de 24" y un etanoducto de 12".

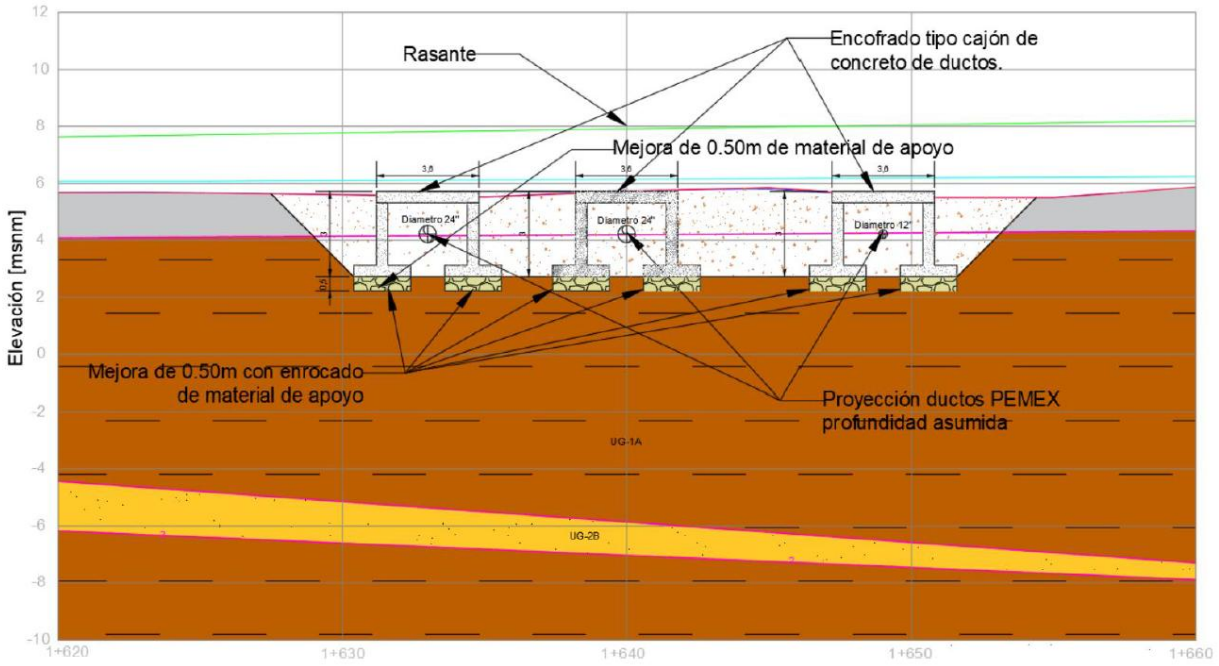


Figura 51 Propuesta de protección de los ductos de PEMEX enterrados que interceptan la vialidad.

- Registro de Telecomunicaciones (TELMEX)

Si el registro TELMEX se ubica dentro del área de obra, se deberá solicitar al concesionario la

identificación de los servicios alojados. En caso de reubicación, deberá construirse primero el nuevo registro, instalar los ductos de conexión, realizar el tendido o empalme de cableado por personal autorizado, verificar la continuidad del servicio y posteriormente cancelar o retirar el registro existente. Si únicamente se afecta la rasante, podrá considerarse el ajuste de nivel de tapa. No deberá abrirse, cortar ni desplazar cableado sin autorización del operador.

- Línea de agua

Cuando una línea de agua interfiera con el proyecto, se deberá localizar con precisión mediante planos, sondeos o calas controladas. Si la línea puede permanecer en sitio, se deberán definir medidas de protección durante la obra. Si requiere reubicación, se deberá proyectar un nuevo trazo, instalar la tubería sustituta, realizar conexiones provisionales o by-pass para mantener el servicio, ejecutar la conexión definitiva, efectuar pruebas de presión y hermeticidad, y cancelar el tramo existente. La red reubicada deberá mantener capacidad hidráulica, continuidad operativa y condiciones de hermeticidad conforme a la NOM-001-CONAGUA-2011.

- Antena de radio

En caso de que la antena de radio interfiera con el trazado del proyecto, gálibos, estructuras, excavaciones, zonas de maniobra o áreas de construcción, se deberá identificar previamente al propietario u operador del sistema para verificar si el equipo se encuentra en operación. No deberá desmontarse, desconectarse ni reubicarse sin autorización del responsable de la infraestructura.

El proceso de reubicación deberá considerar el levantamiento físico y fotográfico del elemento, la identificación de cableado, alimentación eléctrica, sistema de puesta a tierra y equipos asociados. Posteriormente, se deberá definir una nueva ubicación que garantice condiciones adecuadas de operación, cobertura y seguridad. Una vez aprobada la reubicación, se procederá al desmontaje controlado, traslado, reinstalación, reconexión y pruebas de funcionamiento del sistema, asegurando la continuidad del servicio y evitando afectaciones a las comunicaciones existentes.

- Poste/Panel existente CFE

Si el poste o panel CFE se ubica dentro de la huella de obra, se deberá solicitar a CFE la revisión del elemento y de los servicios asociados. Para su reubicación, deberá definirse un nuevo punto de instalación, construir la base o preparación correspondiente, programar la libranza o desconexión necesaria, trasladar el poste o panel, reconectar líneas, acometidas o equipos asociados y verificar la energización final. La instalación deberá respetar distancias de seguridad, accesibilidad para mantenimiento y criterios establecidos por CFE y la NOM-001-SEDE-2012.

- Poste de luminaria

Si el poste de luminaria interfiere con carriles, banquetas, guarniciones, accesos o zonas de excavación, se deberá definir una nueva ubicación compatible con la sección vial final. El proceso deberá incluir desconexión del circuito, retiro del poste y luminaria, demolición o retiro de la base existente, construcción de nueva cimentación, colocación del poste, reconexión eléctrica y prueba de funcionamiento nocturno. La ubicación final deberá evitar obstáculos en zonas peatonales y mantener niveles adecuados de iluminación y seguridad.

- Poste de telecomunicaciones

Cuando un poste de telecomunicaciones interfiera con el proyecto, se deberá identificar al concesionario responsable y los servicios soportados. El proceso de reubicación deberá considerar la instalación previa del nuevo poste, transferencia ordenada de cables, ajuste de tensiones, empalmes o reconexiones, verificación de continuidad de servicio y retiro del poste original. En cruces con vialidades o estructuras, podrá evaluarse la elevación de líneas o la canalización subterránea, según lo determine el operador.

- Pozo de visita

Si el pozo de visita coincide con la obra proyectada, primero se deberá identificar la red a la que pertenece, levantar niveles de tapa, plantilla y tuberías de entrada y salida. Si el pozo se conserva, se ajustará el brocal a la rasante final. Si requiere reubicación, se deberá construir un nuevo pozo, desviar las tuberías existentes, garantizar pendientes y funcionamiento hidráulico, conectar la red al nuevo pozo y cancelar el pozo anterior. Para alcantarillado sanitario, se deberán mantener condiciones de hermeticidad conforme a la NOM-001-CONAGUA-2011.

- Pozo CFE

Si el pozo de CFE queda dentro de la zona de afectación, se deberá solicitar a CFE la identificación de ductos, cables y equipos alojados. En caso de reubicación, deberá construirse el nuevo pozo con las dimensiones y características requeridas por CFE, habilitar ductos de interconexión, trasladar o reconectar cableado mediante personal autorizado, verificar continuidad eléctrica y cancelar el pozo existente. Si el conflicto es únicamente por nivel de pavimento, podrá realizarse ajuste de brocal y tapa, previa autorización de CFE.

- Árbol

Si un árbol interfiere con el trazo, estructuras, banquetas, visibilidad, drenaje o zonas de excavación, se deberá realizar un levantamiento del ejemplar, identificando especie, diámetro, estado fitosanitario y ubicación. Posteriormente, deberá evaluarse si es posible conservarlo mediante protección de raíces o ajuste menor del proyecto. Si no es viable, se deberá tramitar la autorización correspondiente ante la autoridad ambiental o municipal competente para poda, trasplante o retiro. En caso de retiro, deberán considerarse medidas de compensación o restitución ambiental. La Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable establece objetivos de conservación, restauración y manejo sustentable de los recursos forestales.



Figura 52 Árboles que interfieren con el trazado de Extensión Paseo Tabasco (vista de camino existente de acceso interior del Parque Tabasco).

- Planta de tratamiento de aguas residuales

Si la planta de tratamiento o sus componentes interfieren con el proyecto, se deberá identificar su operador, capacidad, líneas de llegada, líneas de descarga, alimentación eléctrica, accesos y condiciones de operación. En caso de requerir reubicación, deberá garantizarse primero una solución provisional o alterna que mantenga el tratamiento de las aguas residuales. Posteriormente, se deberá construir o habilitar la nueva instalación, conectar las líneas de entrada y salida, verificar operación electromecánica, realizar pruebas de funcionamiento y cancelar la planta o elementos existentes sólo cuando la nueva infraestructura esté en operación. Las descargas de aguas residuales a cuerpos receptores nacionales deberán cumplir los límites establecidos en la NOM-001-SEMARNAT-2021.

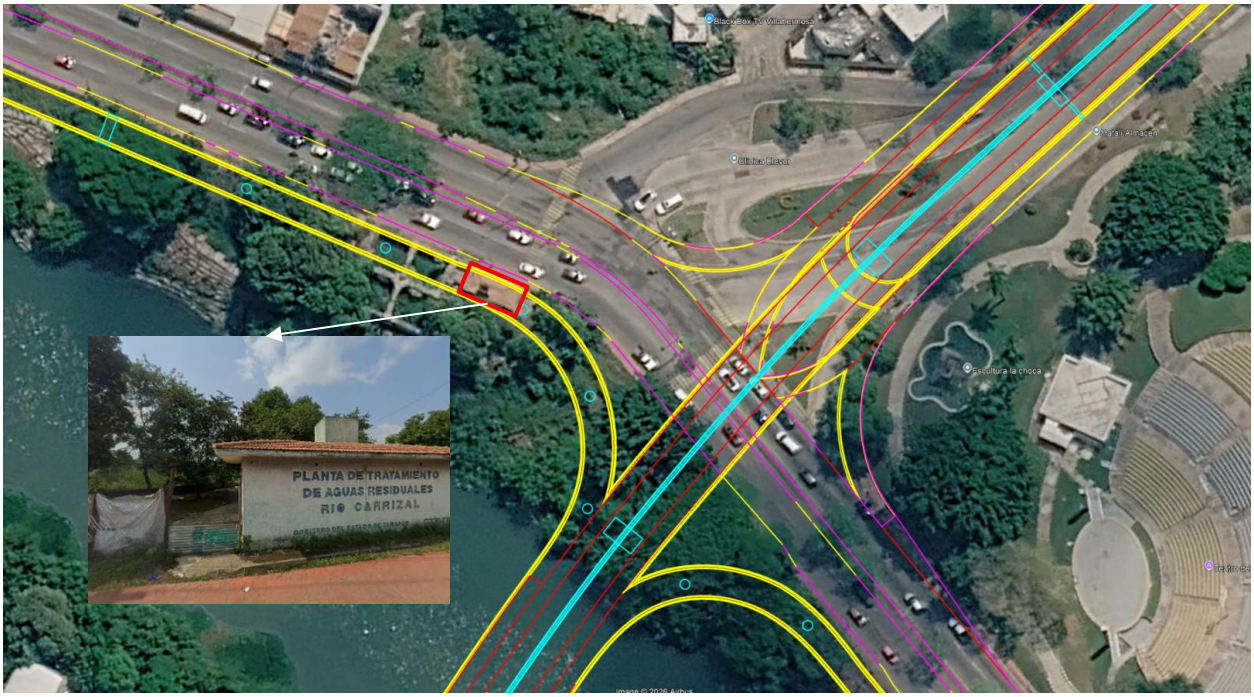


Figura 53 Planta de Tratamiento de Aguas Residuales ubicada en la intersección de Periférico con Av. Paseo Tabasco.

- Señalética

Si la señalética existente interfiere con la obra, deberá retirarse de manera controlada, almacenarse si es reutilizable y colocarse señalamiento provisional durante la construcción. Una vez concluida la configuración final de la vialidad, deberá instalarse la señalización definitiva conforme al proyecto vial, restituyendo o sustituyendo los elementos afectados. La señalización horizontal y vertical en carreteras y vialidades urbanas debe apegarse a la NOM-034-SCT2-2011, y en zonas de obra deberán considerarse dispositivos de protección y control de tránsito conforme a la normativa SICT aplicable.

Los procesos descritos deberán entenderse como lineamientos generales de actuación. La solución definitiva para cada obra inducida dependerá de la ubicación real del elemento, su condición operativa, el grado de interferencia con el proyecto y los criterios técnicos establecidos por el organismo operador o propietario de la infraestructura. Toda reubicación deberá documentarse mediante levantamientos, autorizaciones, planos actualizados, evidencia fotográfica y pruebas de funcionamiento, garantizando la seguridad de los trabajos y la continuidad de los servicios existentes.



Figura 54 Señalética a reubicar en Periférico Carlos Pellicer Cámara.

5.3.11.1 Obra Inducida Eléctrica – Soluciones Tipo

Es importante mencionar que todas las líneas identificadas son operadas y gestionadas por la Comisión Federal de electricidad (CFE). Adicionalmente se menciona que no fue proporcionada información por dicho organismo operador referente a su infraestructura y características de esta para la identificación de posibles afectaciones, por lo cual esta se hizo a través de recorridos virtuales y recorrido en sitio, siendo posible la omisión de algún elemento subterráneo o aéreo no visualizado.

5.3.11.2 Caso 1 - Transición

o) Descripción de la afectación

Dentro del trazo de la Extensión de Paseo Tabasco se han identificado líneas de baja y media tensión que se encuentran dentro del derecho de vía ya sea de estaciones o del trazo propuesto. Estas líneas deberán ser reubicadas de manera subterránea, permitiendo librar ya sea las estaciones o la vialidad.



Figura 55 Línea de Media Tensión identificada en la Carretera Bosques de Saloya con afectación al Puente Carrizal.

p) Propuesta de Reubicación Vertical u Horizontal

La línea propiedad de CFE y las indicadas en el listado general deberán ser reubicadas de manera subterránea a lo largo de la trayectoria. Es necesario indicar, que se deberá contemplar la colocación de registros, cableado, ductos, zanjas, postes y todos los materiales necesarios para su correcta reubicación.

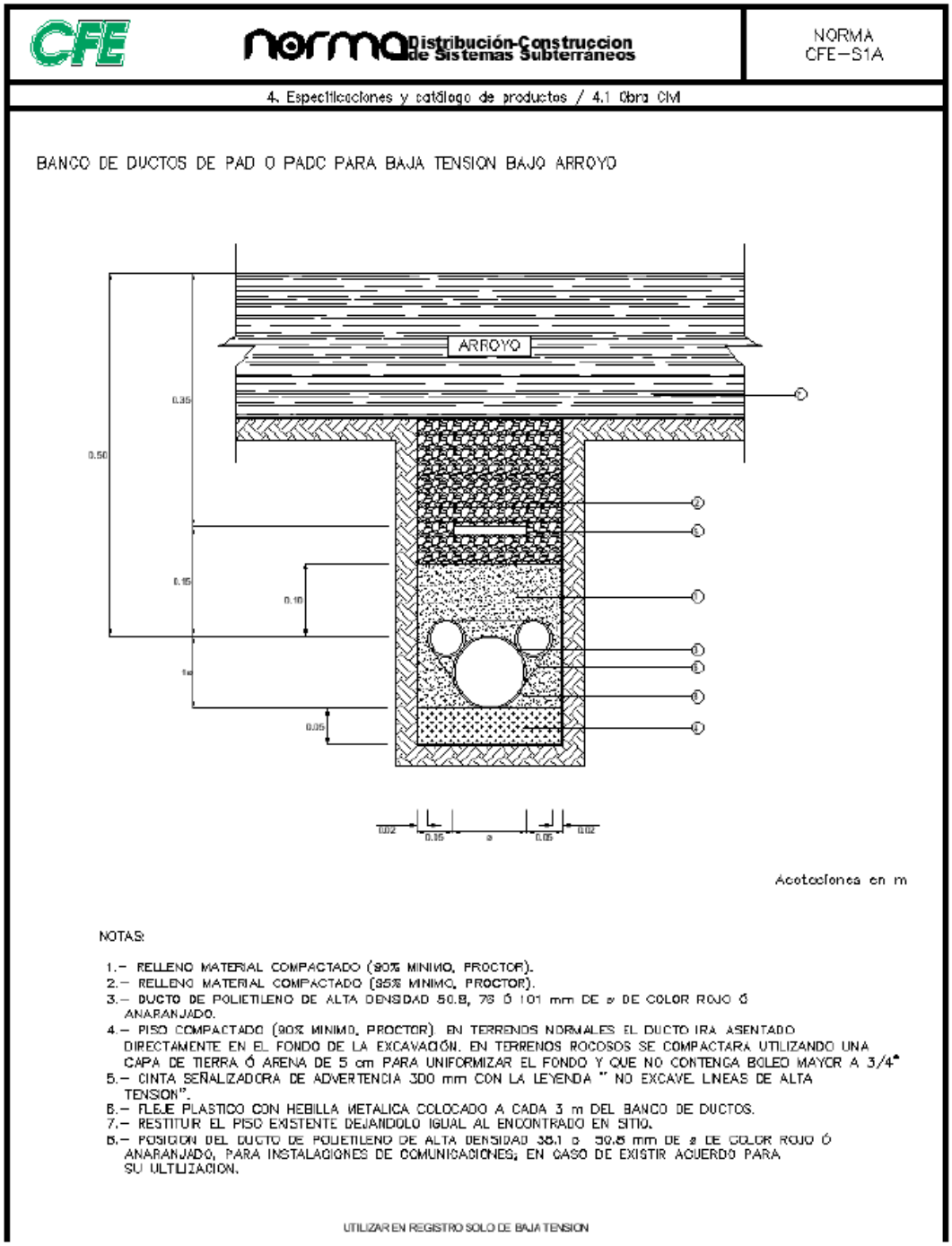
q) Proceso constructivo

Para la liberación del derecho de vía de las líneas en baja y media tensión existentes que actualmente proporciona servicio a la población de manera aérea, se propone efectuar una reubicación de las líneas mediante transición a un punto nuevo de implantación de los postes donde iniciarán su distribución. Estos trabajos deberán llevarse a cabo bajo la Especificación CFE-DCCIAMBT y CFE-DCCSSUBT según se requiera y atendiendo los comentarios y requerimientos de la empresa afectada.

r) Recomendación para construcción y objetivo

Se recomienda llevar a cabo la coordinación necesaria entre la empresa de servicio eléctrico, permitiendo la interacción de los responsables de los movimientos a efectuar con el fin de garantizar una reubicación conjunta que minimice los tiempos de interrupción en el servicio. El

objetivo de la maniobra deberá ser en todo momento evitar una interrupción de tiempos prolongados, garantizando así la continuidad en el servicio.


CFE

norma Distribución-Construcción de Sistemas Subterráneos

NORMA CFE—S1A

4. Especificaciones y catálogo de productos / 4.1 Obra Civil

BANCO DE DUCTOS DE PAD O PADC PARA BAJA TENSION BAJO ARROYO

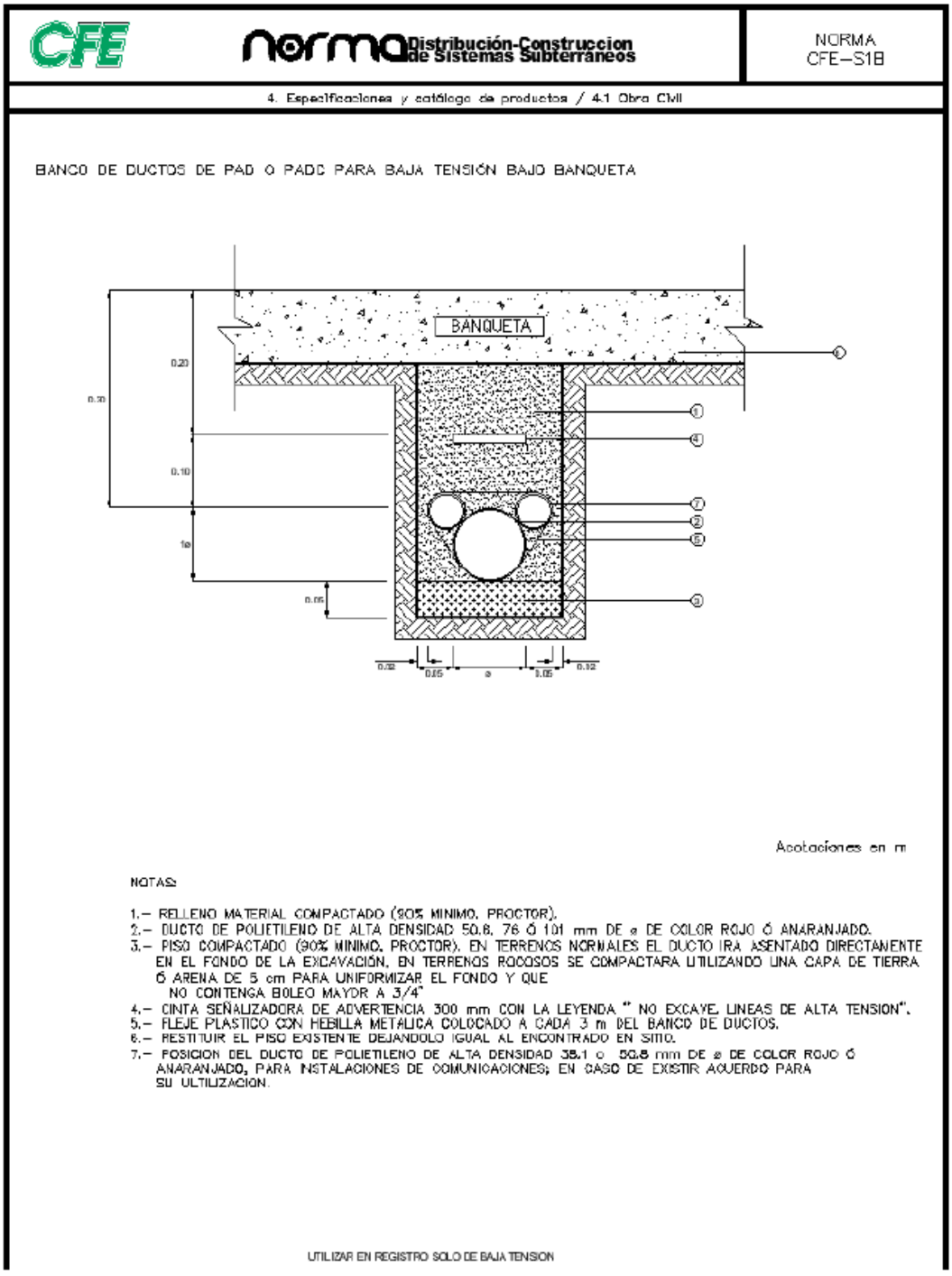
Acotaciones en m

NOTAS:

1.— RELLENO MATERIAL COMPACTADO (90% MINIMO, PROCTOR).
2.— RELLENO MATERIAL COMPACTADO (95% MINIMO, PROCTOR).
3.— DUCTO DE POLIETILENO DE ALTA DENSIDAD 50.8, 76 Ó 101 mm DE ø DE COLOR ROJO Ó ANARANJADO.
4.— PISO COMPACTADO (90% MINIMO, PROCTOR) EN TERRENOS NORMALES EL DUCTO IRA ASENTADO DIRECTAMENTE EN EL FONDO DE LA EXCAVACIÓN. EN TERRENOS ROCOSOS SE COMPACTARA UTILIZANDO UNA CAPA DE TIERRA Ó ARENA DE 5 cm PARA UNIFORMIZAR EL FONDO Y QUE NO CONTENGA BOLEO MAYOR A 3/4"
5.— CINTA SEÑALIZADORA DE ADVERTENCIA 300 mm CON LA LEYENDA " NO EXCAVE LINEAS DE ALTA TENSION".
6.— FLEJE PLASTICO CON HEBILLA METALICA COLOCADO A CADA 3 m DEL BANCO DE DUCTOS.
7.— RESTITUIR EL PISO EXISTENTE DEJANDOLO IGUAL AL ENCONTRADO EN SITIO.
8.— POSICION DEL DUCTO DE POLIETILENO DE ALTA DENSIDAD 38.1 ø 50.8 mm DE ø DE COLOR ROJO Ó ANARANJADO, PARA INSTALACIONES DE COMUNICACIONES, EN CASO DE EXISTIR ACUERDO PARA SU ULTILIZACION.

UTILIZAR EN REGISTRO SOLO DE BAJA TENSION

Figura 56 Banco de ductos tipo CFE-S1A para baja tensión bajo arroyo.



CFE norma Distribución-Construcción de Sistemas Subterráneos

NORMA CFE–S1B

4. Especificaciones y catálogo de productos / 4.1 Obra Civil

BANCO DE DUCTOS DE PAD O PADC PARA BAJA TENSIÓN BAJO BANQUETA

Acotaciones en m

NOTAS:

1.– RELLENO MATERIAL COMPACTADO (90% MINIMO, PROCTOR).
2.– DUCTO DE POLIETILENO DE ALTA DENSIDAD 50.8, 76 Ó 101 mm DE ø DE COLOR ROJO Ó ANARANJADO.
3.– PISO COMPACTADO (90% MINIMO, PROCTOR). EN TERRENOS NORMALES EL DUCTO IRA ASENTADO DIRECTAMENTE EN EL FONDO DE LA EXCAVACIÓN, EN TERRENOS ROCOSOS SE COMPACTARA UTILIZANDO UNA CAPA DE TIERRA Ó ARENA DE 5 cm PARA UNIFORMIZAR EL FONDO Y QUE NO CONTENGA BOLEO MAYOR A 3/4"
4.– CINTA SEÑALIZADORA DE ADVERTENCIA 300 mm CON LA LEYENDA " NO EXCAVE, LINEAS DE ALTA TENSION".
5.– FLEJE PLASTICO CON HEBILLA METALICA COLOCADO A CADA 3 m DEL BANCO DE DUCTOS.
6.– RESTITUIR EL PISO EXISTENTE DEJANDOLO IGUAL AL ENCONTRADO EN SITIO.
7.– POSICION DEL DUCTO DE POLIETILENO DE ALTA DENSIDAD 38.1 o 50.8 mm DE ø DE COLOR ROJO Ó ANARANJADO, PARA INSTALACIONES DE COMUNICACIONES; EN CASO DE EXISTIR ACUERDO PARA SU ULTILIZACION.

UTILIZAR EN REGISTRO SOLO DE BAJA TENSION

Figura 57 Banco de ductos tipo CFE-S1B para baja tensión bajo banqueta.

NORMAS DE DISTRIBUCION–CONSTRUCCION–LINEAS SUBTERRANEAS

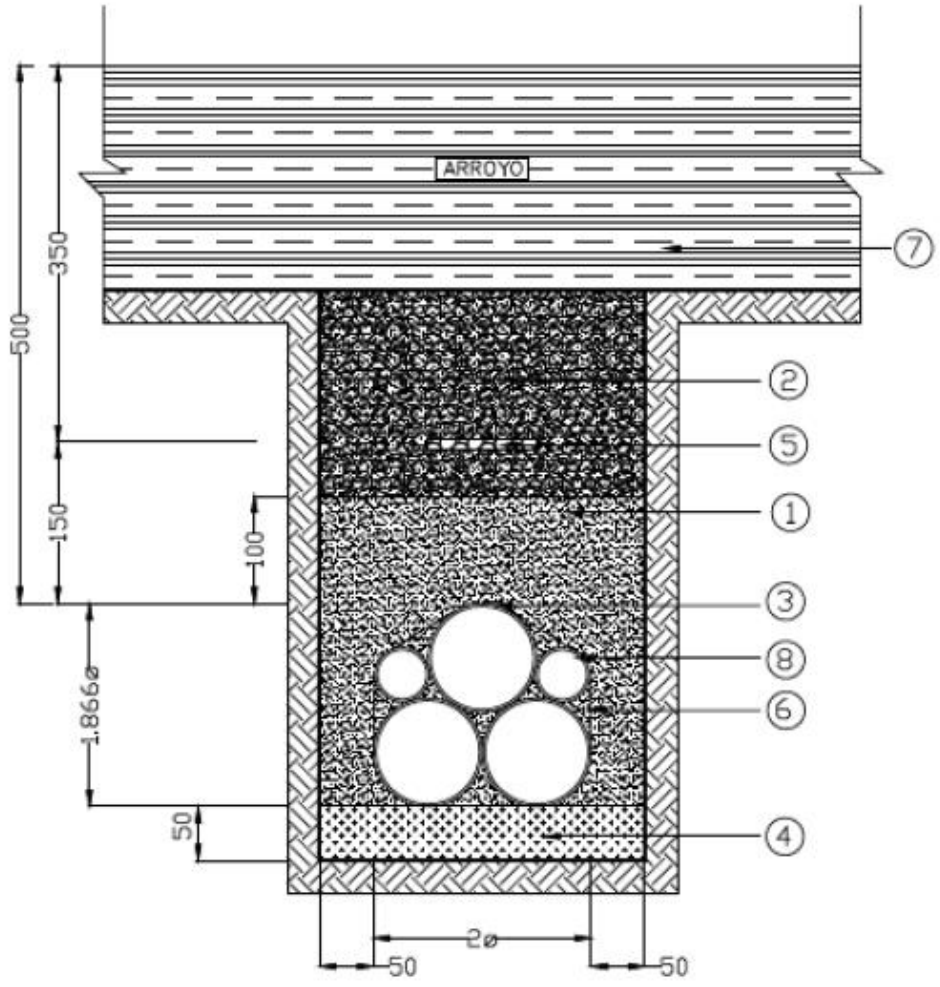
CFE

ESPECIFICACIONES DE OBRA CIVIL Y CATALAGO DE EQUIPO, MATERIALES, ACCESORIOS Y HERRAMIENTAS

NORMA CFE–P3A

OBRA CIVIL

TERRENO NORMAL BANCO DE DUCTOS DE PAD PARA MEDIA TENSION BAJO ARROYO



NOTAS:

1. RELLENO MATERIAL COMPACTADO (90% MINIMO, PROCTOR).
2. RELLENO MATERIAL COMPACTADO (95% MINIMO, PROCTOR).
3. DUCTO DE POLIETILENO DE ALTA DENSIDAD 50.8, 76 Ó 101 mm DE ø DE COLOR ROJO Ó ANARANJADO.
4. PISO COMPACTADO (90% MINIMO, PROCTOR). EN TERRENOS NORMALES EL DUCTO IRA ASENTADO DIRECTAMENTE EN EL FONDO DE LA EXCAVACIÓN, EN TERRENOS ROCOSOS SE COMPACTARA UTILIZANDO UNA CAPA DE TIERRA Ó ARENA DE 5 cm PARA UNIFORMIZAR EL FONDO Y QUE NO CONTENGA BOLEO MAYOR A ¾".
5. CINTA SEÑALIZADORA DE ADVERTENCIA 300 mm CON LA LEYENDA "NO EXCAVE. LINEAS DE ALTA TENSION".
6. FLEJE PLASTICO CON HEBILLA METALICA COLOCADO A CADA 3 m DEL BANCO DE DUCTOS.
7. RESTITUIR EL PISO EXISTENTE DEJANDOLO IGUAL AL ENCONTRADO EN SITIO.
8. POSICION DEL DUCTO DE POLIETILENO DE ALTA DENSIDAD 38.1 o 50.8 mm DE ø DE COLOR ROJO Ó ANARANJADO, PARA INSTALACIONES DE COMUNICACIONES; EN CASO DE EXISTIR ACUERDO PARA SU ULTILIZACION.
9. EN CASO DE QUE EL BANCO DE DUCTOS COMBINE MEDIA Y BAJA TENSION. LA MEDIA TENSION SE UBICARA EN LOS NIVELES INFERIORES DEL BANCO DE DUCTOS. LOS REGISTROS A EMPLEAR SERAN INDEPENDIENTES.

Figura 58 Banco de ductos tipo CFE-P3A para media tensión bajo arroyo.

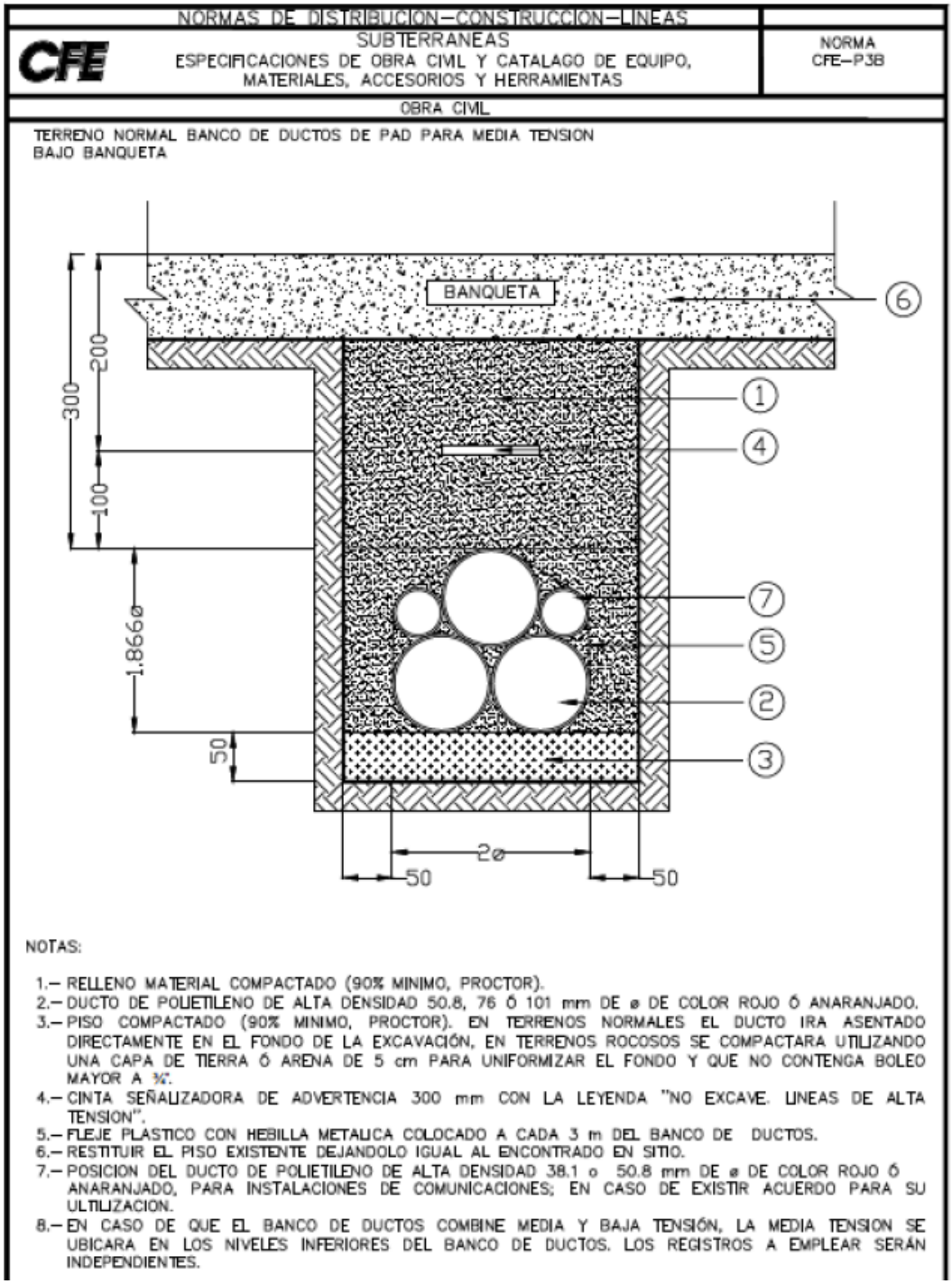


Figura 59 Banco de ductos tipo CFE-P3B para media tensión bajo banqueta.

5.3.11.3 Caso 2 – Retiro de elementos

s) Descripción de la afectación

Se han identificado postes de madera, concreto y metal, así como luminarias y registros a lo largo del trazo propuesto que se encuentran invadiendo el derecho de vía de la Extensión de Paseo Tabasco y Puente Carrizal.



Figura 60 Postes de iluminación y sonido a retirar ubicados en el Parque Tabasco sobre el trazado de la vialidad.

t) Propuesta de Retiro de elementos

Los postes indicados en la tabla resumen identifican todos aquellos que deberán ser retirados al encontrarse en el derecho de vía, ocupando espacios de futuras banquetas o colocados de manera cercana a las estaciones.

u) Proceso constructivo

Para la liberación del derecho de vía de los postes colocados dentro de esta, se procederá a realizar la excavación mediante medios mecánico o manuales para la extracción del poste. La profundidad de la cepa para retirar postes estará en función del tipo de terreno, de la altura, resistencia del poste y de su diámetro en el empotramiento actual.

Se deberán entablar las pláticas previas para el retiro de los postes identificados, acordando así con cada una de las empresas afectadas el día del retiro y su entrega o transporte ya sea a instalaciones del constructor que realiza el retiro o instalaciones del afectado para su entrega.

v) Recomendación para construcción y objetivo

Se recomienda llevar a cabo la coordinación necesaria con la empresa o dependencia afectada permitiendo la interacción de los responsables de los movimientos a efectuar con el fin de garantizar una reubicación conjunta que evite el daño o deterioro del poste. El objetivo de la maniobra deberá ser en todo momento evitar daños a terceros o al propio poste con la finalidad de regresarlo al afectado en las mejores condiciones posibles.

5.3.11.4 Caso 3 – Reconfiguración de Servicios

w) Descripción de la afectación

Se han identificado líneas de telecomunicaciones aéreas y subterráneas a lo largo del trazo propuesto que se generarán una obstrucción tanto para la ejecución de la obra como para la puesta en servicio. Estas líneas se encuentran de manera paralela y transversal al trazo a las orillas cercanas al trazado de la Extensión de Paseo Tabasco y Puente Carrizal.



Figura 61 Líneas de Telecomunicaciones a reconfigurar ubicadas en la intersección del Periférico con Av. Paseo Tabasco.

x) Propuesta de Reconfiguración de Servicios

Para este caso, se deberá llevar a cabo un replanteo de las instalaciones existentes. Permitiendo su reubicación de manera ya sea aérea o subterránea liberando el derecho de vía y evitando las posibles interferencias durante la puesta en servicio.

Las obras indicadas en la tabla resumen identifican todos aquellos elementos que deberán ser reconfigurados al encontrarse en el derecho de vía, por lo que deberá entenderse que el caso aplicará para todas aquellas afectaciones indicadas.

y) Proceso constructivo

Para la liberación del derecho de vía de las líneas de telecomunicaciones se propone llevar a cabo una reconfiguración del método de distribución. Pasando así de una instalación aérea a una subterránea.

Esta reconfiguración contemplará la colocación de registros, cableado, ductos, zanjas, cajas de empalme y todos los materiales necesarios para su correcta reconfiguración.

Se deberán entablar las pláticas previas para el retiro de líneas y postes identificados, acordando así con cada una de las empresas afectadas el día del retiro y su entrega o transporte ya sea a instalaciones del constructor que realiza el retiro o instalaciones del afectado para su entrega.

z) Recomendación para construcción y objetivo

Se recomienda llevar a cabo la coordinación necesaria entre la empresa de suministro eléctrico y cualquier otra involucrada en la zona permitiendo así la interacción de los responsables de los movimientos a efectuar con el fin de garantizar una reubicación conjunta que evite el daño o deterioro de múltiples elementos, accesorios y materiales.

Se recomienda conciliar la utilización de banquetas arroyos y espacios disponibles para una correcta distribución de elementos.

El objetivo de la maniobra deberá ser en todo momento evitar daños a terceros o a los materiales con la finalidad de regresarlo al afectado en las mejores condiciones posibles.

5.3.11.5 Caso 4 – Reubicación

aa) Descripción de la afectación

Se han identificado elementos a lo largo del trazo que se encuentran dentro del derecho de vía y que es necesario reubicar ya que, si bien no es necesario eliminarlos o reconfigurarlos, es necesario volverlos a colocar de manera estratégica para que puedan seguir prestando un servicio en específico.



Figura 62 Poste de concreto y controladoras de semáforos.

bb) Propuesta de Reubicación

Para este caso, se deberá llevar a cabo el trámite necesario, reunión o solicitud a la empresa afectada con la finalidad de definir los elementos a reubicar.

Las obras indicadas en la tabla resumen identifican todos aquellos elementos que deberán ser reubicados al encontrarse en el derecho de vía, por lo que deberá entenderse que el caso aplicará para todas aquellas afectaciones indicadas.

cc) Proceso constructivo

Para la liberación del derecho de vía de ciertos elementos, se propone llevar a cabo una reubicación (toda vez que la empresa afectada así lo requiera, pudiera suscitarse el caso en que la empresa afectada no solicite su reubicación y solo aplique llevar a cabo un retiro). Implantando en un punto distinto el elemento afectado y reponiendo la prestación del servicio. Esta reubicación contemplará la colocación de registros, postes, cableado, ductos, zanjas, cajas de empalme y todos los materiales necesarios para su correcta reconfiguración.

Se deberán entablar las pláticas previas para el retiro y reubicación de servicios identificados, acordando así con cada una de las empresas afectadas el día del retiro y su entrega o transporte ya sea a instalaciones del constructor que realiza el retiro o instalaciones del afectado para su entrega.

dd) Recomendación para construcción y objetivo

Se recomienda llevar a cabo la coordinación necesaria entre la empresa de servicio eléctrico permitiendo la interacción de los responsables de los movimientos a efectuar con el fin de garantizar una reubicación conjunta que evite el daño o deterioro de múltiples elementos, accesorios y materiales. El objetivo de la maniobra deberá ser en todo momento evitar daños a terceros o a los materiales con la finalidad de regresarlo al afectado en las mejores condiciones posibles.

5.4 PROYECTO PUENTE CARRIZAL

La estructura presenta una longitud aproximada de 580 m, sin considerar las rampas de acceso, y se configura como un cuerpo continuo, lo que simplifica su operación y mejora la fluidez del tránsito. El puente se conforma por una sección transversal que integra:

- Dos carriles vehiculares centrales por sentido con origen/destino en Av. Paseo Tabasco a los cuales se suman dos carriles laterales, uno por sentido con conexión al Periférico Carlos Pellicer Cámara.
- Camellón central de 1.00 m de ancho, destinado a la colocación de alumbrado público y barrera de protección.
- Guarnición de 0.50 m de ancho para resguardo y muro parapeto en ambos extremos.
- Pasarela peatonal bajo puente principal con 4.00 m de ancho con acceso a nivel por periférico y bosques de saloya.

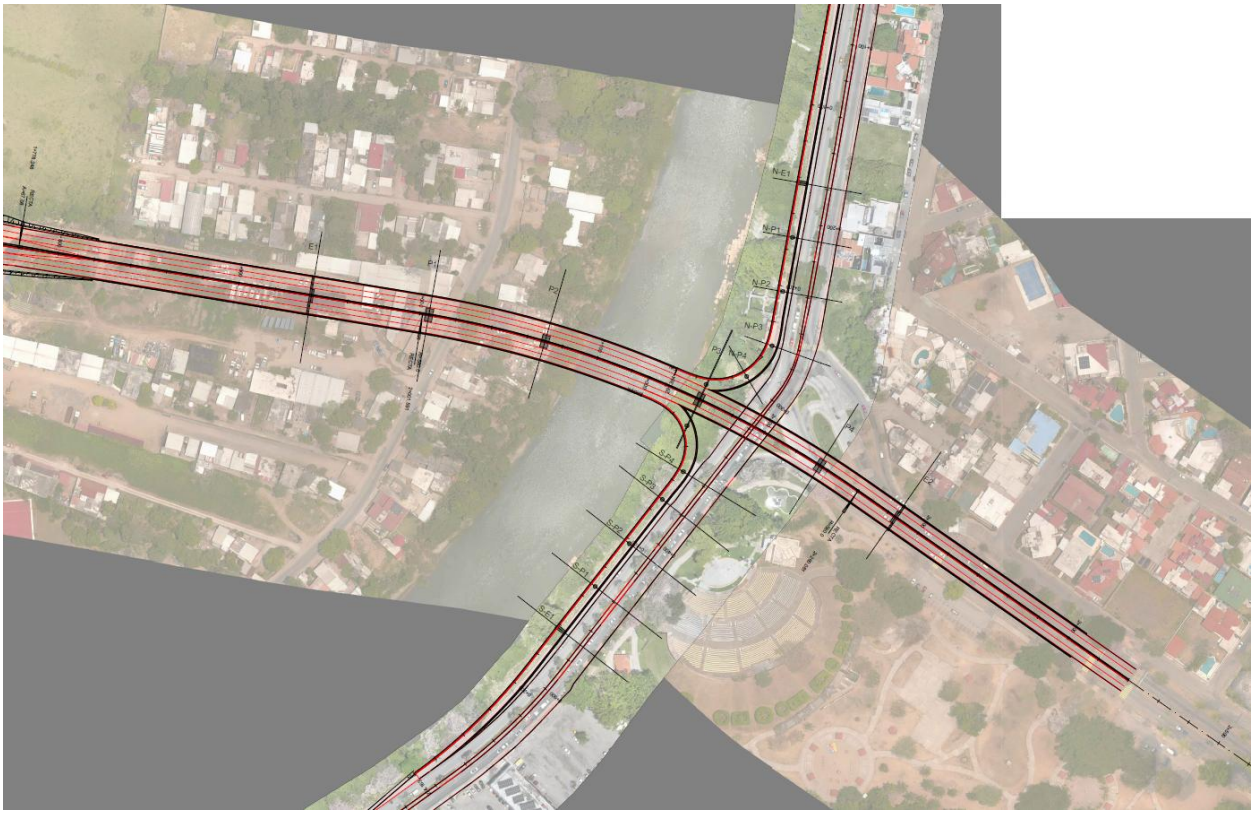


Figura 63 Planta de Trazo Geométrico del Puente Río Carrizal.

En cuanto a su configuración estructural, el Puente Carrizal se proyecta como una estructura integralmente conformada por elementos de concreto estructural tanto para la superestructura como para la subestructura. La solución contempla una superestructura tipo cajón de concreto de canto variable, desarrollada mediante la ejecución de dovelas de concreto en avance sucesivo, permitiendo la conformación progresiva de los claros y la continuidad estructural entre los diferentes apoyos.

Los accesos al puente se resolverán igualmente mediante elementos de concreto, permitiendo una transición adecuada entre la vialidad existente, las rampas de acceso y la estructura elevada.

Adicionalmente, el puente incorpora una pendiente transversal del 2%, con el objetivo de conducir el escurrimiento superficial hacia el sistema de drenaje pluvial proyectado, garantizando así condiciones adecuadas de operación y seguridad.

5.4.1 Superestructura

La superestructura del Puente Carrizal se compone de un sistema estructural diseñado para optimizar el comportamiento ante cargas vehiculares y del sistema de transporte público, mediante una solución de tablero con geometría de canto variable apoyado en múltiples claros (5 vanos).

El puente presenta una longitud total aproximada de 580 m, distribuida en claros de diferente longitud, destacando:

- Tramo central de mayor longitud (≈90 m).
- Vanos intermedios del orden de 65-75 m.
- Vanos extremos de transición cercanos a 50 m.
- Estribo hueco de concreto de longitud de 50m.
- Pasarela Peatonal bajo puente con longitud del claro central sobre río.

La superestructura será ejecutada mediante un procedimiento constructivo de avance sucesivo por dovelas de concreto, mediante el cual los diferentes segmentos que conforman el tablero serán construidos progresivamente a partir de los apoyos hasta completar cada uno de los claros previstos, permitiendo utilizar el mismo carro de avance para toda la extensión del tablero. El ancho máximo se obtiene con la implementación de jabalcones laterales para soporte del tablero en voladizo.

Desde el punto de vista estructural:

- El canto del tablero varía a lo largo del puente, incrementándose en zonas próximas a apoyos donde las solicitaciones son mayores.
- En la zona central de los vanos, el peralte se reduce, optimizando el uso de materiales.
- El sistema estructural con continuidad en los apoyos centrales permite una distribución eficiente de cargas hacia pilas y estribos.

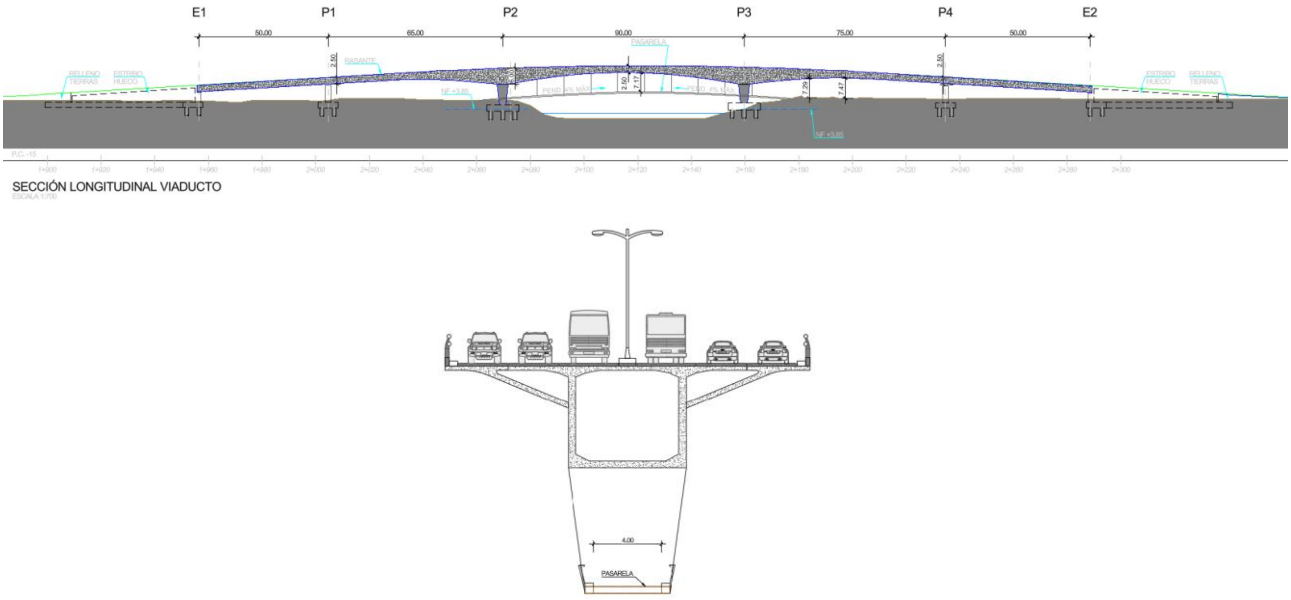


Figura 64 Sección longitudinal y transversal del puente Río Carrizal.

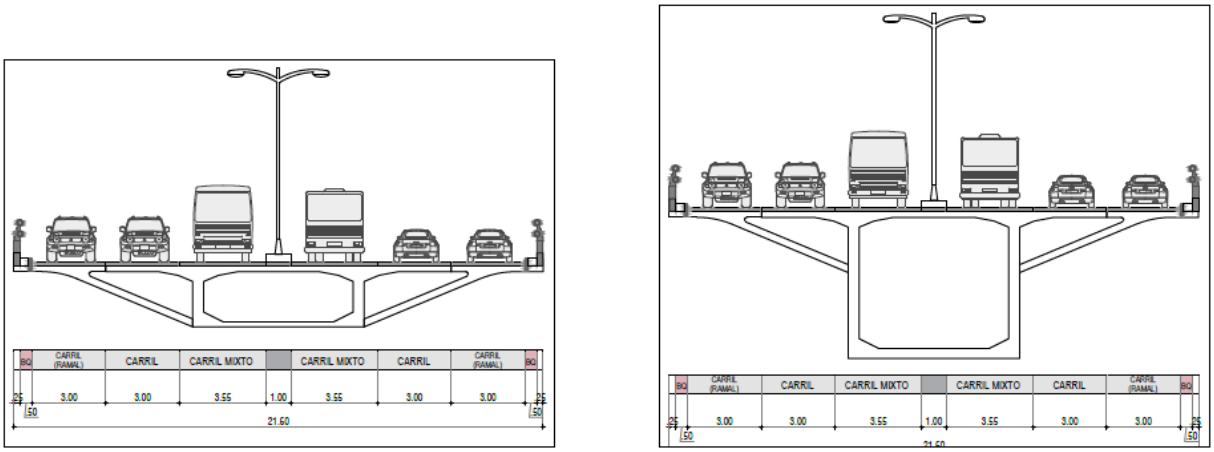


Figura 65 Sección transversal del puente Río Carrizal.

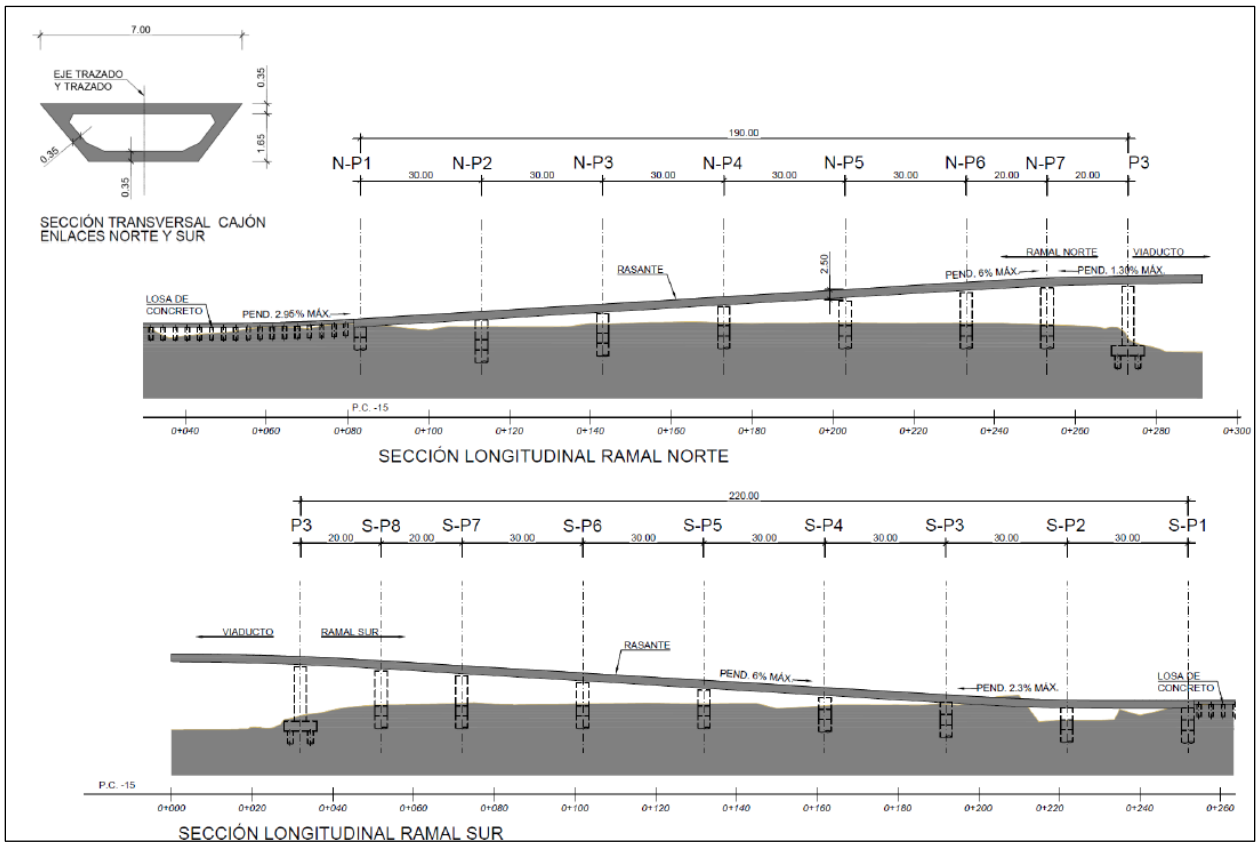


Figura 66 Alzado y sección transversal estructural de los ramales de conexión a Periférico.

PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO – SUPERESTRUCTURA

El procedimiento constructivo del puente inicia con la construcción de las cimentaciones y superestructura de los claros extremos utilizando cimbra al suelo y/o carro de avance donde no sea posible por limitación de espacio.

Una vez ejecutados los dos claros adyacentes al río se podrá iniciar la construcción del claro central en avances sucesivos con carro de avance, conforme representado en el esquema siguiente.

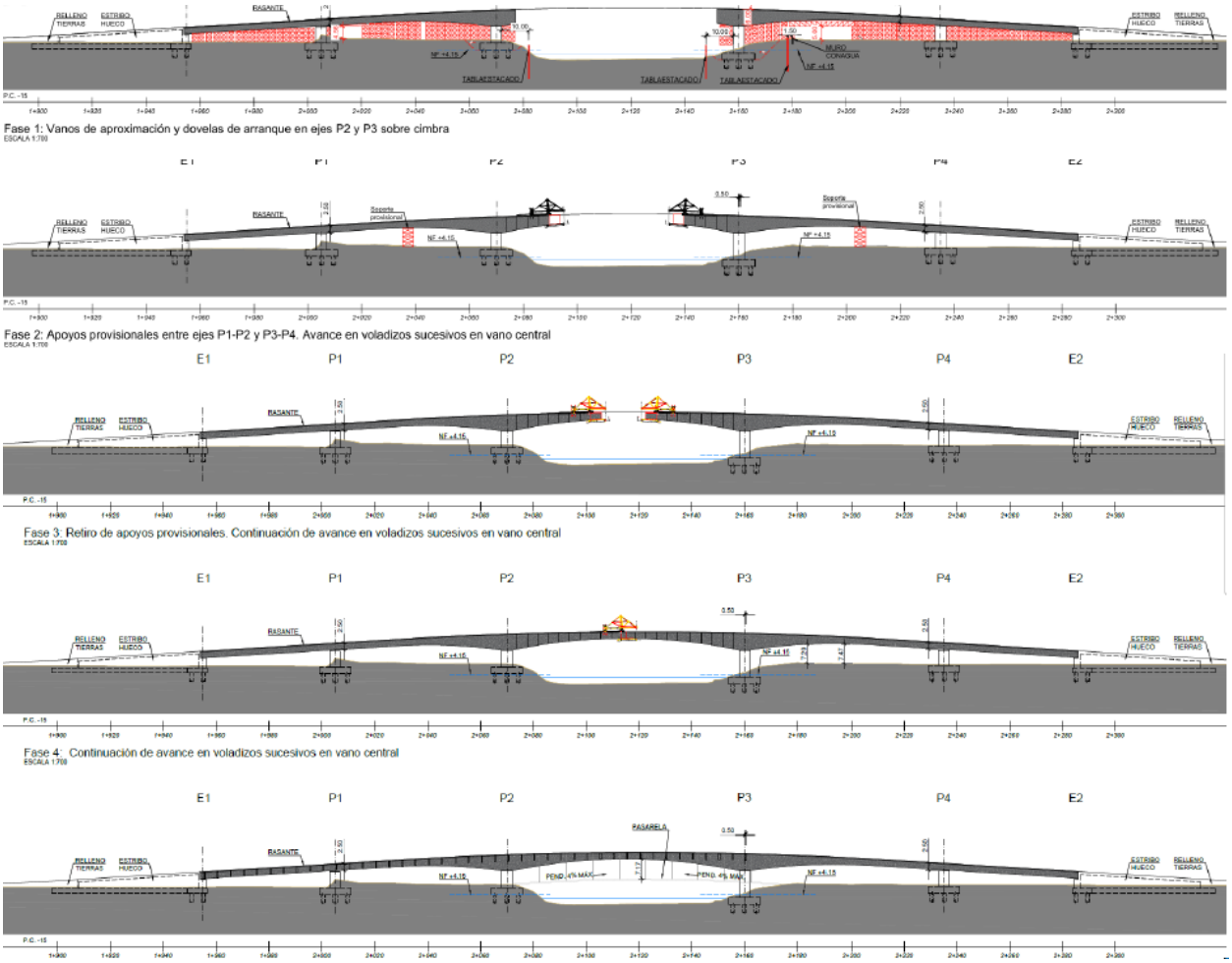


Figura 67 Esquema de etapas constructivas de la superestructura del puente Carrizal.



Figura 68 Fotografía del procedimiento constructivo con carros de avance utilizado en otro proyecto.

La zona de ramales en curva se ejecutará con cimbra al suelo y las rampas se ejecutarán con vigas cajón prefabricadas montadas con grúa.

5.4.2 Subestructura

La subestructura del Puente Carrizal se compone de pilas intermedias y estribos en los extremos, cuya función es transmitir de forma segura las cargas provenientes de la superestructura hacia el sistema de cimentación.

La separación entre pilas varía a lo largo del puente, presentando claros mayores en la zona central y menores hacia los extremos, lo que permite una adecuada adaptación a las condiciones geométricas y estructurales del sistema. La distribución de las pilas permite equilibrar los esfuerzos entre vanos, compensando el claro central de 90 m de longitud con vanos laterales igualmente largos 65-75 m que por su ves requieren vanos un poco menores de 50 m.

Estas pilas permiten la transmisión eficiente de cargas verticales, así como la estabilización de la estructura frente a acciones longitudinales y transversales derivadas del tránsito vehicular y condiciones de servicio.

EXCAVACIONES PARA EL ENCEPADO

Para la construcción del encepado y fuera de la influencia directa del cauce y del nivel hidráulico del río Carrizal, se establece como criterio general la ejecución de excavaciones mediante taludes de corte con pendiente máxima 2H:1V. Este criterio es consistente con el comportamiento esperado de los suelos aluviales limoso-arcillosos predominantes en el área como se desarrolló en el numeral anterior.

Los taludes deberán ejecutarse de forma progresiva, implementando medidas provisionales de control de escurrimientos superficiales y protección frente al agua superficial proveniente de las lluvias que se presenten.

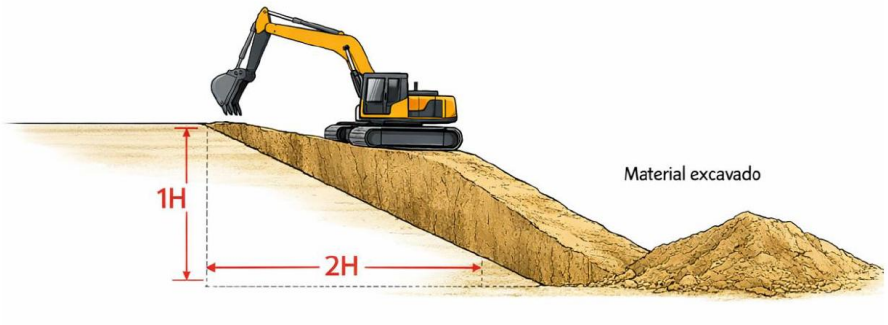


Figura 69 Esquema conceptual de excavación del encepado - talud 2H:1V.

EXCAVACIONES EN MARGEN DEL CAUCE – SISTEMA DE TABLESTACADO

En la margen del cauce del río Carrizal, donde se requieren efectuar una excavación vertical, la cual estará influenciada por el nivel freático y la carga hidráulica del cauce. Dado lo anterior, se adopta como criterio constructivo la utilización de un sistema continuo de tablestacado paralela a la margen del cauce.

El tablestacado actúa como sistema de contención lateral del terreno, permitiendo la excavación vertical controlada, reduciendo el riesgo de inestabilidad de las márgenes y minimizando la afectación directa al cauce durante la construcción.

La profundidad de hincado del tablestacado será lo suficiente para garantizar la estabilidad global del sistema, considerando empujes del terreno, presiones hidrostáticas y variaciones del nivel del río.

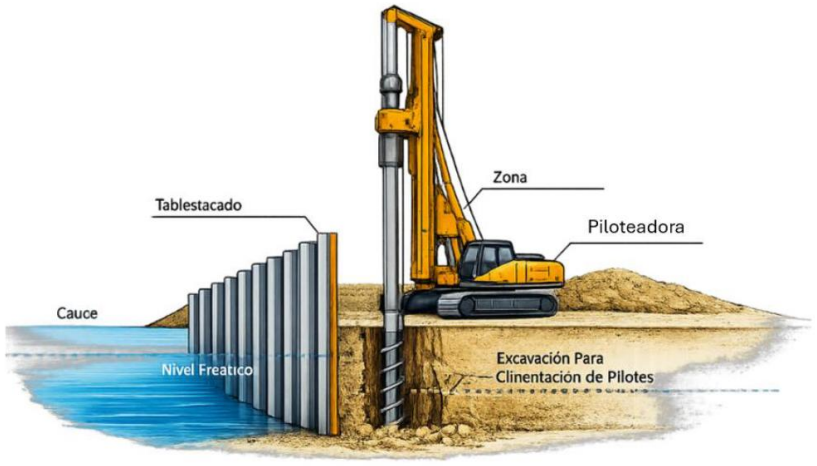


Figura 70 Esquema conceptual de tablestacado en margen del río para contención y excavación vertical.

PROCESO CONSTRUCTIVO RECOMENDADO

El proceso constructivo deberá desarrollarse de manera secuencial y controlada, iniciando con el desmonte del terreno en el costado opuesto al borde del cauce mediante taludes 2H:1V y continuando con la instalación del tablestacado en la margen del cauce.

La excavación contenida por tablestacado deberá ejecutarse por etapas, con control permanente del comportamiento del sistema y coordinación directa con la ejecución de las cimentaciones del puente.

La solución que combina desmonte mediante taludes 2H:1V y tablestacado en la margen del cauce constituye un criterio geotécnico robusto y compatible con las condiciones del sitio, permitiendo garantizar la estabilidad de las excavaciones y la protección del cauce del río Carrizal.

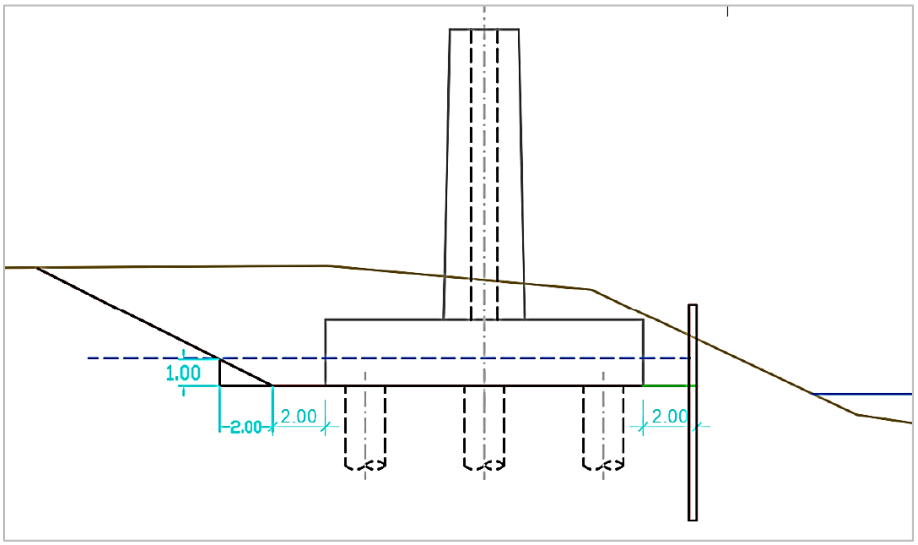


Figura 71 Esquema de condición final desmonte y tablestacado.

EXCAVACIONES ENCEPADOS LADO PERIFÉRICO – SISTEMA DE TABLESTACADO TEMPORAL

Del "lado tierra", el proceso constructivo del encepado de cimentación del apoyo P3 (margen derecha), por su dimensión y proximidad a la vialidad existente no permite excavar con talud 2:1 y por eso se propone ejecutar contención de la excavación con tablestacado temporal compuesto por perfiles metálicos verticales empotrados en el terreno (altura de empotramiento > 1.5 altura de contención) y entre perfiles se colocan prelosas de concreto para contener el empuje del terreno.

El sistema de tablestacado con perfiles hincados y placas prefabricadas de concreto inicia con el trazo y replanteo de la alineación de la estructura, seguido de la hinca de perfiles metálicos (generalmente tipo H o I) a la profundidad definida en proyecto mediante martillo vibratorio o de impacto. Los perfiles se instalan a espaciamientos regulares y funcionan como elementos estructurales principales encargados de resistir los empujes del terreno y las cargas transmitidas por el relleno. Durante esta etapa se verifica continuamente la verticalidad, alineamiento y profundidad de cada perfil para garantizar el correcto comportamiento de la estructura.

Una vez colocados los perfiles, se procede a la instalación de las placas prefabricadas de concreto, las cuales se deslizan o montan entre las alas de los perfiles metálicos formando un muro continuo de contención. Conforme avanza el montaje de las placas, se ejecuta el relleno y compactación del trasdós por capas, asegurando el adecuado confinamiento de los elementos. Finalmente, se realizan los trabajos de acabado, sellado de juntas, construcción de elementos complementarios de drenaje y protección superficial, obteniéndose una solución de contención de rápida ejecución, con mínima afectación al entorno y adecuada durabilidad para aplicaciones en taludes, cuerpos de agua, vialidades y obras de infraestructura.

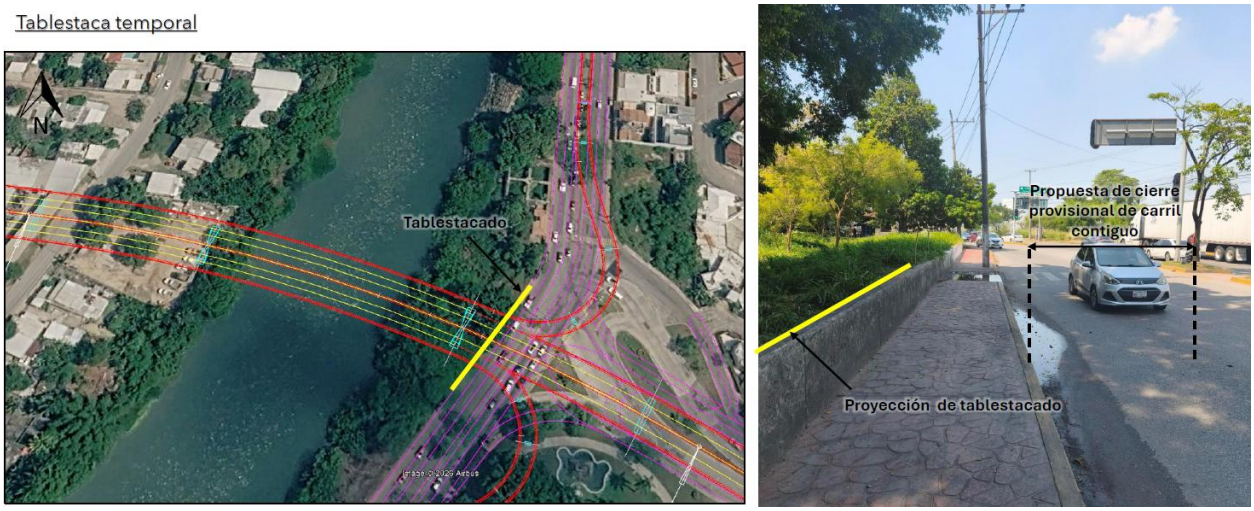


Figura 72 Propuesta preliminar de ubicación del tablestacado temporal.

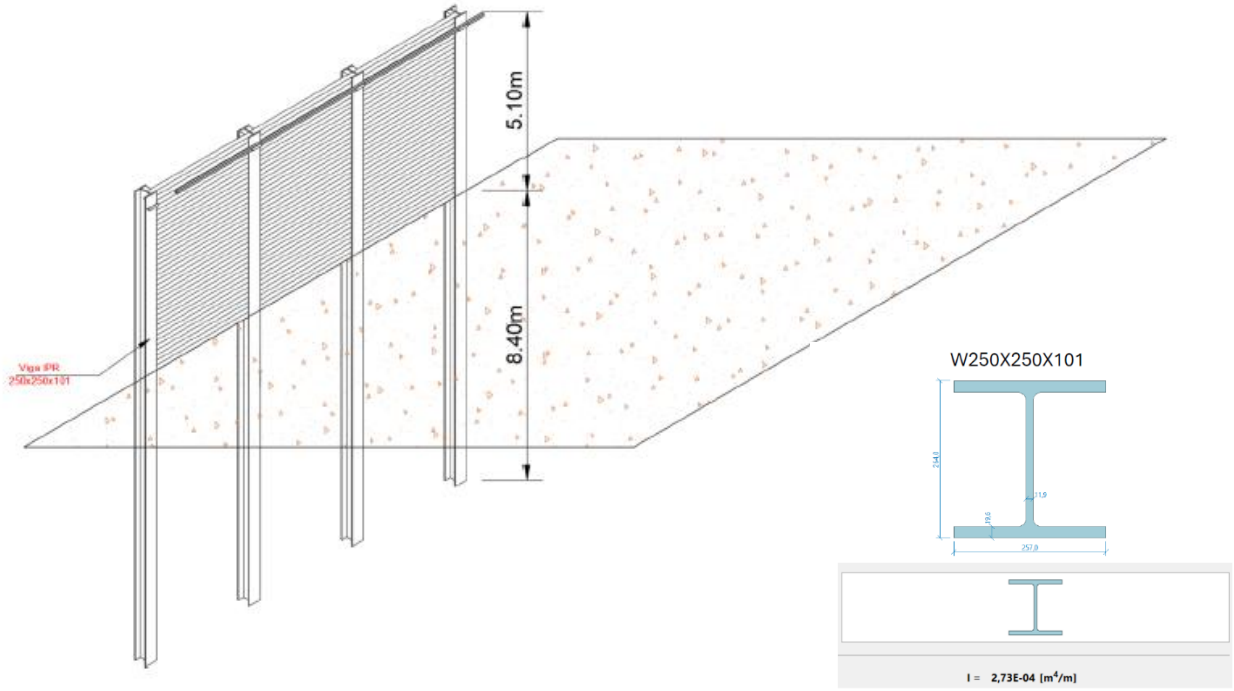


Figura 73 Predimensionamiento del tablestacado.

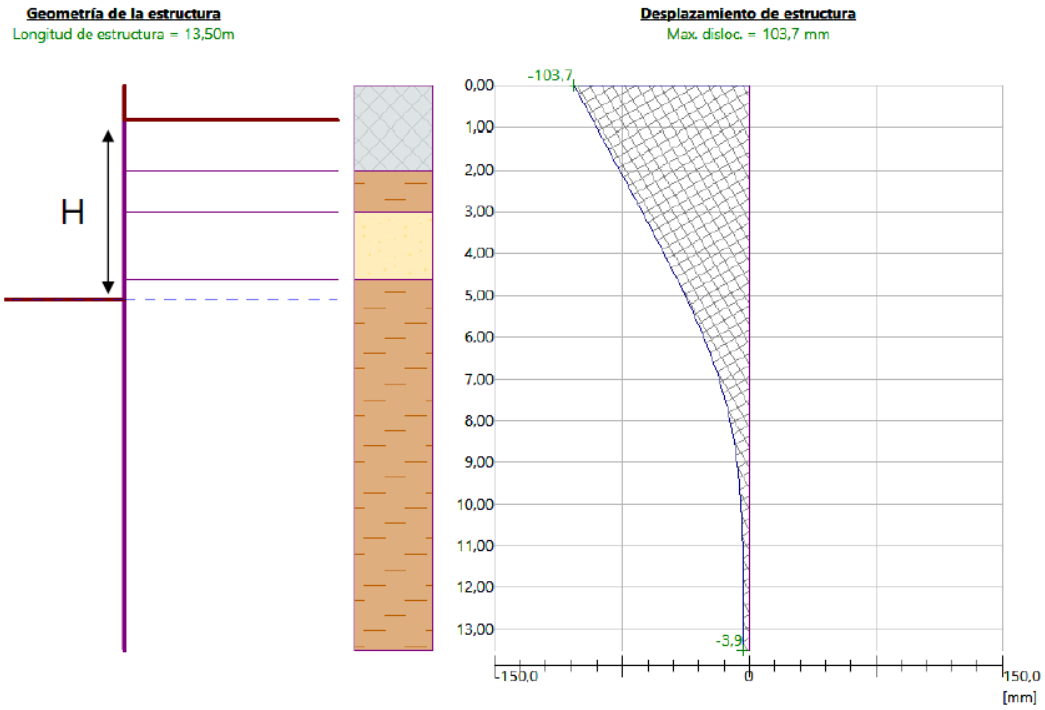


Figura 74 Verificación del desplazamiento máximo del tablestacado.

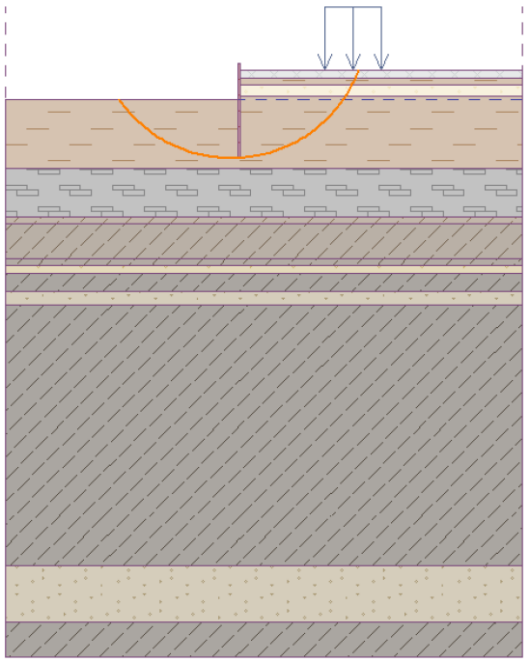


Figura 75 Verificación de estabilidad del tablestacado.

ESTRIBOS Y RAMPAS DE ACCESO

En los extremos del puente se disponen estribos de concreto tipo hueco, los cuales cumplen una doble función: servir como elemento de apoyo para la superestructura y contener los rellenos de los accesos. Los estribos se integran con las zonas de terraplén mediante rellenos estructurales que permiten una transición adecuada entre la vialidad existente y el inicio del puente, favoreciendo la continuidad funcional y reduciendo posibles afectaciones por asentamientos diferenciales.

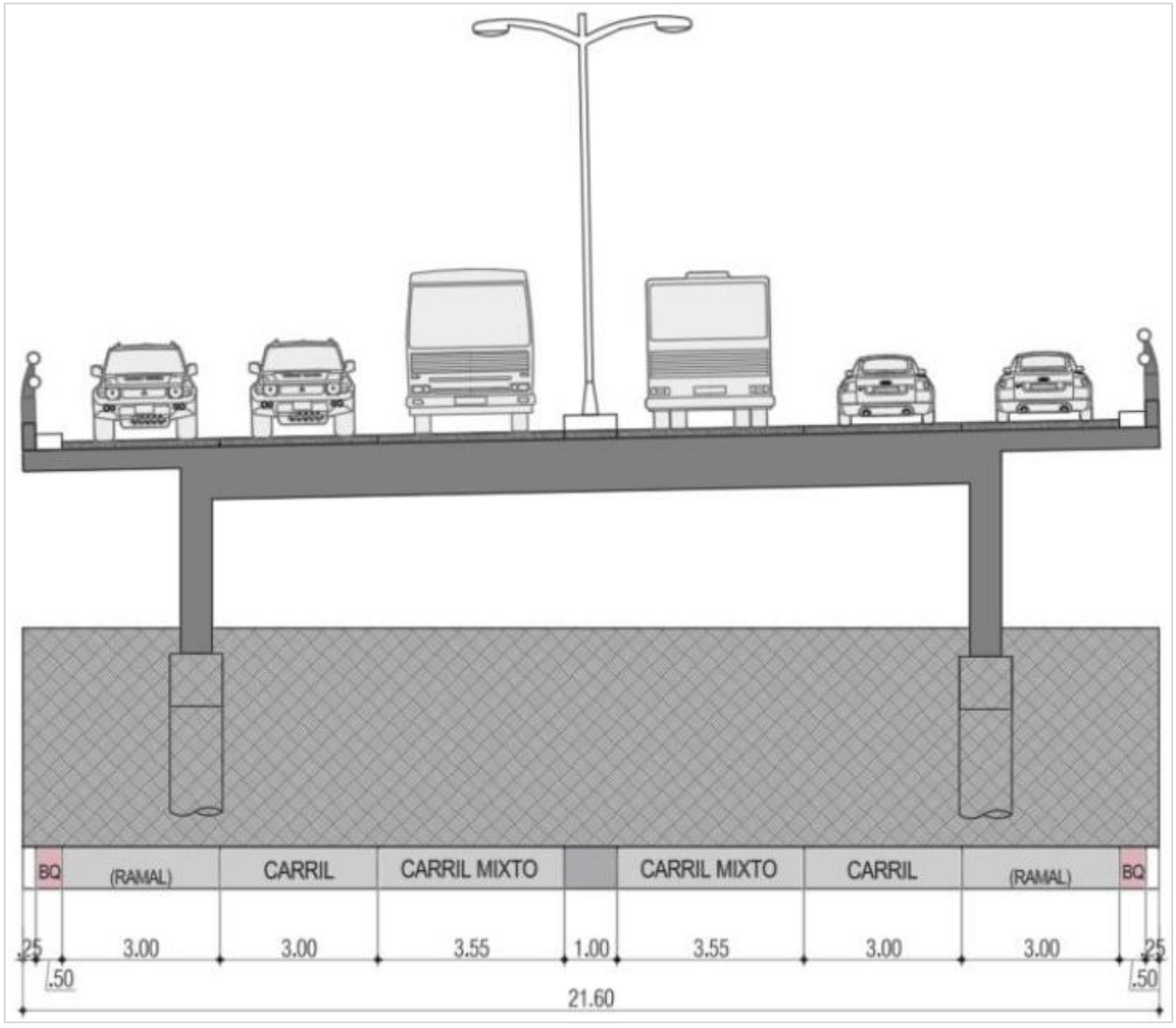


Figura 76 Sección transversal de las rampas de acceso al Puente Carrizal con muros de concreto reforzado.

5.4.3 Terracerías y accesos

Los accesos al Puente Carrizal se resuelven mediante obras de terracería diseñadas para garantizar una transición funcional y estructural adecuada entre la vialidad existente y la estructura elevada del puente.

En los extremos del puente, se desarrollan terraplenes de acceso conformados por rellenos controlados, los cuales permiten alcanzar las cotas necesarias para empatar con la rasante del tablero. Estos rellenos trabajan en conjunto con los estribos tipo hueco, que actúan como elementos de contención y soporte de la superestructura.

La conformación de los terraplenes considera:

- Capas de material compactado, que proporcionan la resistencia y estabilidad requeridas.
- Transiciones progresivas de pendiente, que aseguran condiciones adecuadas de operación vehicular.
- Integración con la rasante del puente, evitando cambios abruptos en la sección longitudinal.

Asimismo, se contempla la disposición de zonas de transición entre terraplén y estructura, con el objetivo de reducir efectos por asentamientos diferenciales y garantizar la continuidad del servicio.

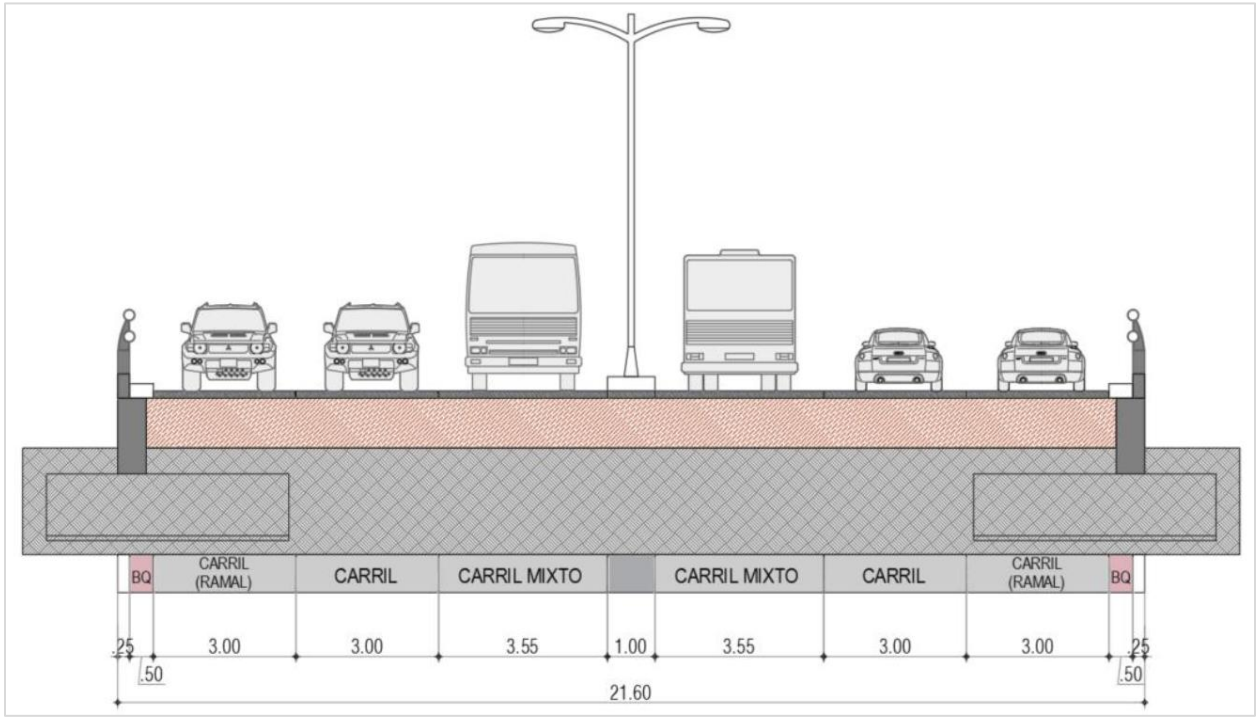


Figura 77 Sección transversal de las rampas de acceso al Puente Carrizal con muros de concreto reforzado.

5.4.4 Señalización y control de tránsito

El Puente Carrizal incorpora un sistema de señalización y control de tránsito diseñado para garantizar una operación segura, ordenada y eficiente, acorde con la configuración funcional del puente y la coexistencia de tránsito vehicular y transporte público confinado.

La señalización horizontal se dispone sobre la superficie de rodamiento, permitiendo la correcta delimitación de:

- Carriles vehiculares de circulación general.
- Carriles confinados para transporte público, asegurando su segregación respecto al tránsito mixto.
- Zonas de separación, incluyendo el camellón central y franjas laterales (guarniciones).

Esta señalización se ejecuta con materiales de alta durabilidad y visibilidad, adecuados para condiciones de operación continua y exposición a intemperie, asegurando su correcta percepción tanto en condiciones diurnas como nocturnas.

Por su parte, la señalización vertical se ubica estratégicamente en los accesos y a lo largo del puente, proporcionando información relevante a los usuarios respecto a:

- Configuración de carriles.
- Prioridad de paso para el transporte público.
- Restricciones operativas y condiciones de circulación.

El sistema se complementa con dispositivos de seguridad vial que refuerzan la legibilidad de la infraestructura, particularmente en zonas de transición entre accesos y estructura, así como en la delimitación de los carriles confinados.

5.4.5 Drenaje

El Puente Carrizal incorpora un sistema de drenaje pluvial diseñado para garantizar la evacuación eficiente de escurrimientos superficiales, evitando la acumulación de agua sobre el tablero y asegurando condiciones adecuadas de seguridad y durabilidad de la infraestructura.

La superficie de rodamiento presenta una pendiente transversal del 2%, orientada hacia uno de los costados del puente, lo que permite conducir de manera controlada el agua pluvial hacia el sistema de captación dispuesto longitudinalmente en dicho extremo. Esta configuración responde a criterios funcionales que minimizan la permanencia de agua sobre la superficie de rodamiento.

El sistema de drenaje se compone de:

- Línea de captación lateral, ubicada en el costado hacia el cual se dirige la pendiente, donde se concentran los escurrimientos provenientes de toda la sección transversal.

- Elementos de desalojo pluvial, que permiten la conducción del agua fuera del tablero del puente, evitando infiltraciones o afectaciones a los elementos estructurales.

El diseño del drenaje considera la continuidad hidráulica a lo largo del puente, asegurando que los escurrimientos sean conducidos de forma segura hacia los puntos de descarga, evitando encharcamientos tanto en la superficie de rodamiento como en las zonas de transición con los accesos.

5.4.6 Banquetas y elementos de seguridad

El Puente Carrizal incorpora elementos laterales diseñados para garantizar la seguridad de los usuarios, tanto vehiculares como peatonales, así como para delimitar adecuadamente la sección funcional de la estructura.

En ambos extremos del tablero se disponen banquetas laterales con un ancho aproximado de 1.80 m, las cuales permiten la circulación peatonal de manera segura a lo largo del puente. Estas banquetas se integran de forma continua con los accesos, asegurando la conectividad peatonal entre ambos extremos de la estructura.

Como elemento de protección, el puente cuenta con parapetos laterales, localizados en los bordes exteriores de la sección transversal, con un ancho aproximado de 0.25 m, en cumplimiento con la normativa aplicable. Estos parapetos tienen la función de:

- Actuar como barrera de contención ante eventuales salidas de camino.
- Delimitar la zona de circulación vehicular.
- Proteger a los usuarios peatonales que transitan sobre las banquetas.

Adicionalmente, la configuración transversal del puente incorpora dispositivos de confinamiento que permiten diferenciar claramente los carriles de tránsito general y los carriles de transporte público, contribuyendo a una operación más segura y ordenada.

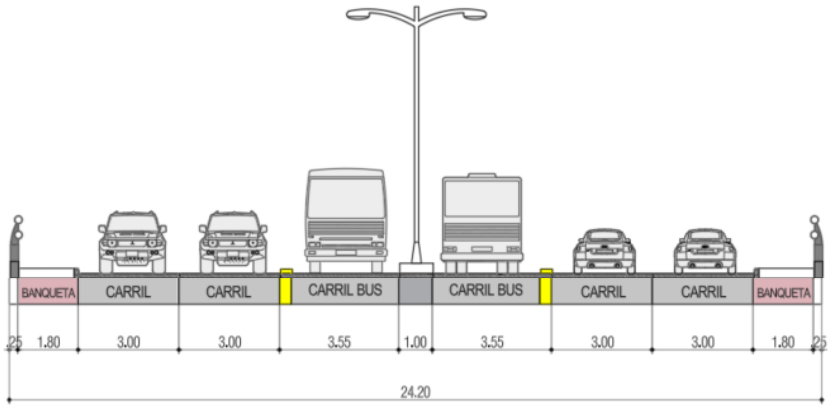


Figura 78 Sección transversal del puente.

5.4.7 Alumbrado público

El Puente Carrizal contempla la incorporación de un sistema de alumbrado público orientado a garantizar condiciones adecuadas de visibilidad, seguridad y operación durante periodos nocturnos. El sistema de alumbrado se dispone aprovechando el camellón central de aproximadamente 1.00 m de ancho, el cual funciona como eje para la colocación de luminarias a lo largo del puente.

Esta disposición permite:

- Proporcionar iluminación homogénea sobre ambos sentidos de circulación.
- Reducir interferencias con banquetas y zonas peatonales.
- Facilitar labores de mantenimiento mediante accesos controlados.

Las luminarias se distribuyen de manera uniforme a lo largo de la longitud del puente, garantizando niveles adecuados de iluminación en:

- Carriles vehiculares.
- Carriles confinados de transporte público.
- Banquetas laterales.

5.4.8 Obras Inducidas

Dentro del proyecto Puente Carrizal, las obras inducidas corresponden a la infraestructura, instalaciones y elementos existentes que se localizan en el entorno inmediato del puente, sus accesos y zonas complementarias, y que por su posición podrían interferir con las actividades constructivas o con la configuración final de la obra proyectada.

La identificación de estas obras se realiza con base en el levantamiento y plano de obras inducidas del proyecto, en el cual se registran elementos asociados a infraestructura eléctrica de CFE,

alumbrado público, telecomunicaciones, redes hidráulicas y sanitarias, ductos, registros, pozos de visita, señalamiento, arbolado, bardas, instalaciones existentes y otros componentes urbanos presentes en la zona de intervención.

El propósito es establecer una referencia general de los elementos que deberán ser considerados previo y durante la ejecución de los trabajos, a fin de determinar si presentan cruce, proximidad o interferencia con el trazo del proyecto, zonas de excavación, estructuras, cimentaciones, accesos, obras de drenaje, áreas de maniobra o componentes viales asociados al puente.

En caso de identificarse afectaciones directas o indirectas, se deberán implementar las acciones correspondientes de protección, adecuación, ajuste, retiro temporal, reubicación o reposición, según la naturaleza del elemento y las condiciones particulares de la interferencia. Dichas acciones deberán definirse en coordinación con el organismo operador, dependencia, concesionario o propietario de la infraestructura, garantizando la seguridad de los trabajos, la continuidad de los servicios existentes y el cumplimiento de la normatividad aplicable.

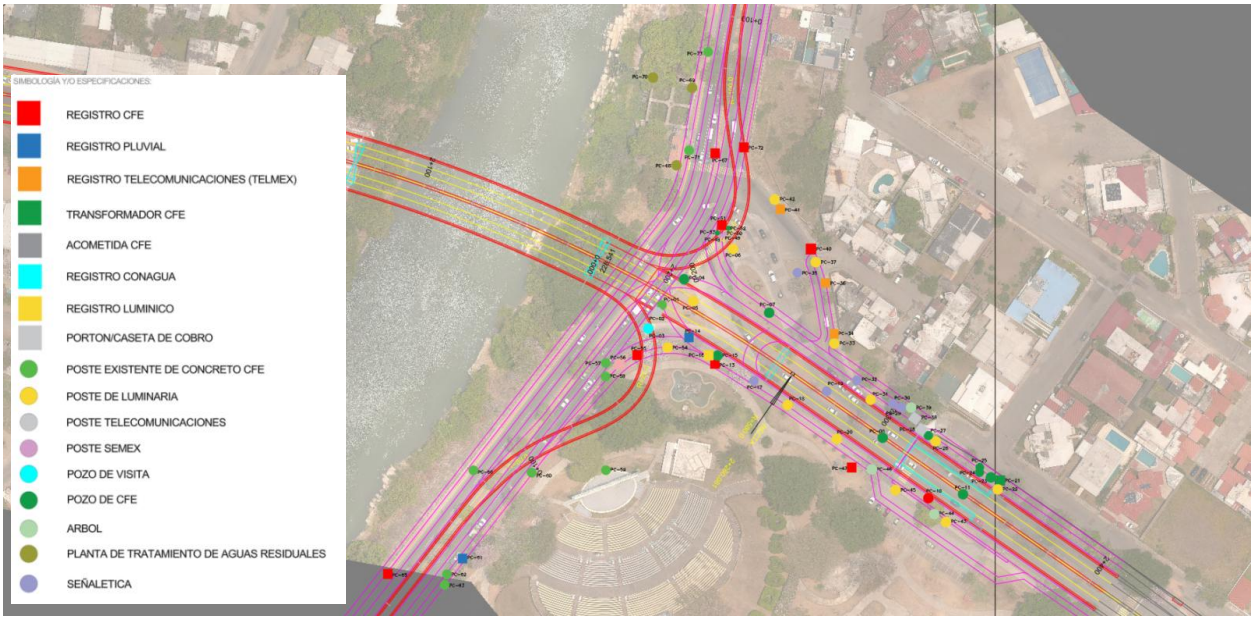


Figura 79 Vista en planta Obras Inducidas Puente Carrizal.

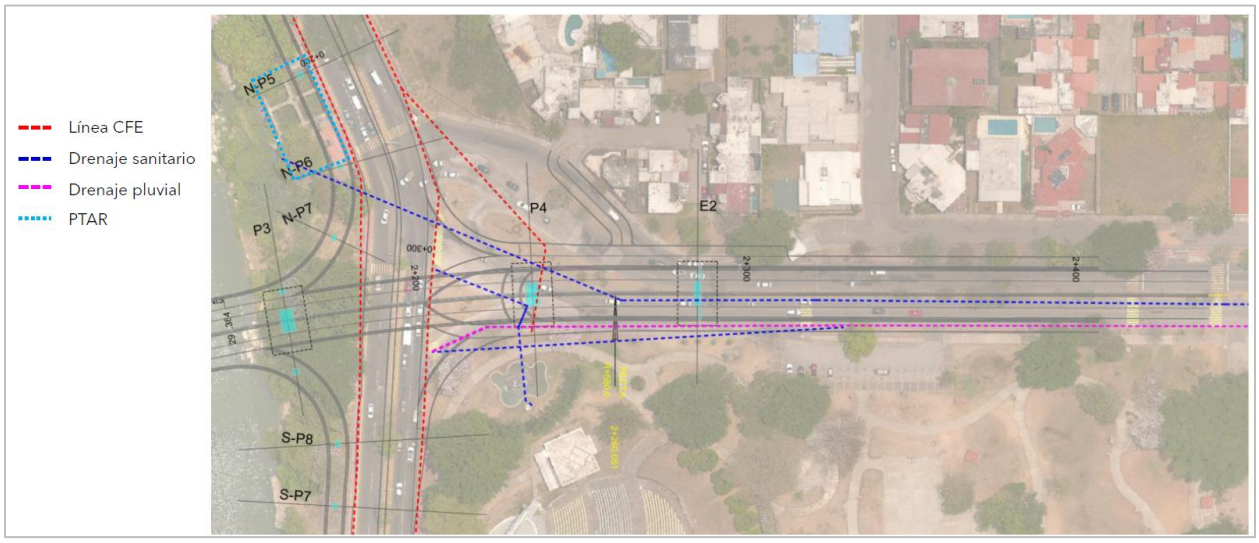


Figura 80 Ubicación aproximada de trayectoria de líneas principales de servicios a afectar por la construcción del puente (pendientes de corroborar ubicación con georradar).

En este sentido, las obras inducidas enlistadas posteriormente constituyen elementos sujetos a verificación en campo y a revisión técnica específica cuando coincidan con la infraestructura proyectada del Puente Carrizal.

- Registro de CFE

Si el registro CFE queda dentro de una zona de excavación, pavimentación, cimentación o drenaje proyectado, se deberá solicitar a CFE la localización y validación de la infraestructura. Posteriormente, se deberá definir si el registro puede conservarse mediante ajuste de nivel o si requiere reubicación. En caso de reubicación, se deberá construir previamente el nuevo registro, canalizar o desviar los ductos eléctricos existentes bajo condiciones seguras, realizar las conexiones correspondientes y verificar la continuidad del sistema. El registro anterior deberá cancelarse o retirarse una vez que la nueva instalación esté operando. No deberá manipularse cableado eléctrico sin autorización de CFE.

- Registro pluvial

Cuando un registro pluvial interfiera con la obra, primero deberá identificarse el tipo de red a la que pertenece y verificar su nivel de plantilla, sentido de flujo, diámetro de tuberías y estado físico. Si sólo existe diferencia con la nueva rasante, se deberá ajustar el brocal y tapa al nivel terminado del pavimento o banqueta. Si la interferencia es directa con cimentaciones, excavaciones o nuevas redes, se deberá construir un registro nuevo fuera de la zona afectada, desviar las tuberías de entrada y salida, garantizar pendientes hidráulicas adecuadas y cancelar el registro existente. En redes sanitarias se deberá asegurar la hermeticidad y continuidad del servicio conforme a la NOM-001-CONAGUA-2011.

- Registro de Telecomunicaciones (TELMEX)

Si el registro TELMEX se ubica dentro del área de obra, se deberá solicitar al concesionario la identificación de los servicios alojados. En caso de reubicación, deberá construirse primero el nuevo registro, instalar los ductos de conexión, realizar el tendido o empalme de cableado por personal autorizado, verificar la continuidad del servicio y posteriormente cancelar o retirar el registro existente. Si únicamente se afecta la rasante, podrá considerarse el ajuste de nivel de tapa. No deberá abrirse, cortar ni desplazar cableado sin autorización del operador.

- Transformador de CFE

Si el transformador se encuentra dentro del área de obra o en una zona que represente riesgo por maniobras, excavaciones o circulación de maquinaria, deberá notificarse a CFE para evaluar su retiro temporal o reubicación definitiva. El proceso deberá considerar la identificación de usuarios alimentados, definición del nuevo punto de instalación, construcción de base o soporte, adecuación de acometidas y líneas de alimentación, programación de libranza o corte controlado del servicio, traslado del equipo y energización final. La maniobra deberá ser ejecutada únicamente por personal autorizado, manteniendo condiciones de seguridad eléctrica y continuidad del suministro.

- Acometida de CFE

Si una acometida cruza o invade el área de intervención, se deberá identificar el usuario al que alimenta, el tipo de acometida y su trayectoria. Posteriormente, se deberá coordinar con CFE la definición de una nueva ruta, ya sea aérea o subterránea, que no interfiera con la obra ni con la sección vial final. El proceso de reubicación deberá incluir retiro o desconexión controlada de la acometida existente, instalación de nuevos soportes, ductos, canalizaciones o cableado, conexión al punto de suministro y verificación de servicio. Las acometidas en baja tensión cuentan con especificaciones técnicas de CFE para su instalación.

- Registro de CONAGUA

En caso de que el registro de CONAGUA coincida con el trazado del proyecto, zonas de excavación, pavimentación, cimentaciones, obras de drenaje, banquetas, accesos o áreas de maniobra, deberá realizarse previamente su localización precisa y verificación física en campo. Se deberá identificar la infraestructura asociada al registro, confirmar si se encuentra en operación y determinar la dependencia u organismo responsable de su administración.

Cuando la interferencia sea únicamente por diferencia de nivel con la rasante proyectada, podrá considerarse el ajuste de brocal y tapa al nivel final de pavimento, banqueta o área terminada. Si el registro interfiere directamente con una estructura, excavación profunda, cimentación, canalización o elemento proyectado, deberá evaluarse su reubicación, para lo cual se deberá construir previamente el nuevo registro en una ubicación compatible con el proyecto, reconectar las conducciones o elementos asociados, verificar su funcionamiento hidráulico u operativo y, posteriormente, cancelar o retirar el registro existente.

Toda intervención deberá realizarse previa autorización del organismo responsable, garantizando la continuidad del servicio, la seguridad de los trabajos y la conservación de las condiciones de operación de la infraestructura hidráulica. En caso de estar relacionado con sistemas de agua potable

o alcantarillado sanitario, deberán conservarse condiciones de hermeticidad conforme a los criterios aplicables de la NOM-001-CONAGUA-2011.

- Registro lumínico

Si el registro lumínico queda dentro de la zona de obra, deberá identificarse su relación con los postes de alumbrado y canalizaciones existentes. Si es viable conservarlo, se deberá ajustar su nivel a la rasante final. Si requiere reubicación, se deberá construir un nuevo registro en una zona compatible con banquetas, guarniciones o áreas verdes, canalizar nuevamente el cableado, realizar la conexión con las luminarias correspondientes y verificar el funcionamiento del circuito. La intervención deberá coordinarse con el municipio o responsable del alumbrado público y ejecutarse evitando dejar cableado expuesto.

- Poste existente de concreto CFE

En caso de que el poste de concreto CFE se ubique dentro del área de afectación del proyecto, deberá solicitarse a CFE la revisión técnica correspondiente para identificar el tipo de línea, nivel de tensión, elementos soportados, usuarios alimentados y condiciones de operación. No deberá realizarse ningún retiro, corte, desplazamiento, excavación o maniobra cercana sin autorización de CFE y sin las medidas de seguridad eléctrica correspondientes.

El proceso de reubicación deberá iniciar con el levantamiento topográfico y fotográfico del poste, así como la identificación de líneas, acometidas, transformadores o equipos asociados. Posteriormente, CFE o el contratista autorizado deberá definir la nueva ubicación del poste, verificando que sea compatible con la sección final del proyecto y que mantenga las distancias de seguridad requeridas respecto a vialidades, banquetas, edificaciones, estructuras y otros servicios.

Una vez aprobada la ubicación, se deberá construir la nueva cimentación o empotramiento del poste, programar las libranzas o desconexiones necesarias, transferir las líneas y equipos existentes al nuevo soporte, restablecer el servicio eléctrico y verificar la correcta operación del sistema. Finalmente, el poste existente deberá retirarse junto con su cimentación o elementos residuales, restituyendo el área afectada conforme a las condiciones del proyecto.

- Poste de luminaria

Si el poste de luminaria interfiere con carriles, banquetas, guarniciones, accesos o zonas de excavación, se deberá definir una nueva ubicación compatible con la sección vial final. El proceso deberá incluir desconexión del circuito, retiro del poste y luminaria, demolición o retiro de la base existente, construcción de nueva cimentación, colocación del poste, reconexión eléctrica y prueba de funcionamiento nocturno. La ubicación final deberá evitar obstáculos en zonas peatonales y mantener niveles adecuados de iluminación y seguridad.

- Poste de telecomunicaciones

Cuando un poste de telecomunicaciones interfiera con el proyecto, se deberá identificar al concesionario responsable y los servicios soportados. El proceso de reubicación deberá considerar la instalación previa del nuevo poste, transferencia ordenada de cables, ajuste de tensiones,

empalmes o reconexiones, verificación de continuidad de servicio y retiro del poste original. En cruces con vialidades o estructuras, podrá evaluarse la elevación de líneas o la canalización subterránea, según lo determine el operador.

- Poste de SEMEX

En caso de interferencia con el proyecto, deberá verificarse su función específica, identificar si cuenta con alimentación eléctrica, cableado o equipos asociados, y coordinar su retiro temporal, protección o reubicación con la autoridad vial o responsable del sistema. La reubicación deberá incluir nueva ubicación compatible con la sección vial final, desmontaje controlado, reinstalación, reconexión y pruebas de funcionamiento.

- Pozo de visita

Si el pozo de visita coincide con la obra proyectada, primero se deberá identificar la red a la que pertenece, levantar niveles de tapa, plantilla y tuberías de entrada y salida. Si el pozo se conserva, se ajustará el brocal a la rasante final. Si requiere reubicación, se deberá construir un nuevo pozo, desviar las tuberías existentes, garantizar pendientes y funcionamiento hidráulico, conectar la red al nuevo pozo y cancelar el pozo anterior. Para alcantarillado sanitario, se deberán mantener condiciones de hermeticidad conforme a la NOM-001-CONAGUA-2011.

- Pozo de CFE

Si el pozo de CFE queda dentro de la zona de afectación, se deberá solicitar a CFE la identificación de ductos, cables y equipos alojados. En caso de reubicación, deberá construirse el nuevo pozo con las dimensiones y características requeridas por CFE, habilitar ductos de interconexión, trasladar o reconectar cableado mediante personal autorizado, verificar continuidad eléctrica y cancelar el pozo existente. Si el conflicto es únicamente por nivel de pavimento, podrá realizarse ajuste de brocal y tapa, previa autorización de CFE.

- Árbol

Si un árbol interfiere con el trazo, estructuras, banquetas, visibilidad, drenaje o zonas de excavación, se deberá realizar un levantamiento del ejemplar, identificando especie, diámetro, estado fitosanitario y ubicación. Posteriormente, deberá evaluarse si es posible conservarlo mediante protección de raíces o ajuste menor del proyecto. Si no es viable, se deberá tramitar la autorización correspondiente ante la autoridad ambiental o municipal competente para poda, trasplante o retiro. En caso de retiro, deberán considerarse medidas de compensación o restitución ambiental. La Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable establece objetivos de conservación, restauración y manejo sustentable de los recursos forestales.

- Planta de tratamiento de aguas residuales

Si la planta de tratamiento o sus componentes interfieren con el proyecto, se deberá identificar su operador, capacidad, líneas de llegada, líneas de descarga, alimentación eléctrica, accesos y condiciones de operación. En caso de requerir reubicación, deberá garantizarse primero una solución provisional o alterna que mantenga el tratamiento de las aguas residuales. Posteriormente, se deberá

construir o habilitar la nueva instalación, conectar las líneas de entrada y salida, verificar operación electromecánica, realizar pruebas de funcionamiento y cancelar la planta o elementos existentes sólo cuando la nueva infraestructura esté en operación. Las descargas de aguas residuales a cuerpos receptores nacionales deberán cumplir los límites establecidos en la NOM-001-SEMARNAT-2021.

- Señalética

Si la señalética existente interfiere con la obra, deberá retirarse de manera controlada, almacenarse si es reutilizable y colocarse señalamiento provisional durante la construcción. Una vez concluida la configuración final de la vialidad, deberá instalarse la señalización definitiva conforme al proyecto vial, restituyendo o sustituyendo los elementos afectados. La señalización horizontal y vertical en carreteras y vialidades urbanas debe apegarse a la NOM-034-SCT2-2011, y en zonas de obra deberán considerarse dispositivos de protección y control de tránsito conforme a la normativa SICT aplicable.

Los procesos descritos deberán entenderse como lineamientos generales de actuación. La solución definitiva para cada obra inducida dependerá de la ubicación real del elemento, su condición operativa, el grado de interferencia con el proyecto y los criterios técnicos establecidos por el organismo operador o propietario de la infraestructura. Toda reubicación deberá documentarse mediante levantamientos, autorizaciones, planos actualizados, evidencia fotográfica y pruebas de funcionamiento, garantizando la seguridad de los trabajos y la continuidad de los servicios existentes.

6 Operación y Mantenimiento

6.1 Extensión Paseo Tabasco

El mantenimiento rutinario del corredor urbano deberá orientarse a conservar en condiciones adecuadas de operación, seguridad, funcionalidad y accesibilidad la infraestructura vial, peatonal, hidráulica, semafórica y de transporte público.

Actividades de mantenimiento rutinario:

- Limpieza general y retiro de residuos

La limpieza general consiste en retirar de manera periódica todos aquellos residuos sólidos, basura urbana, hojas, ramas, tierra, lodo, sedimentos, material suelto u objetos ajenos a la infraestructura que puedan afectar la operación, seguridad, accesibilidad o imagen urbana del corredor. Esta actividad tiene como finalidad mantener libres de obstrucciones las áreas de circulación vehicular y peatonal, reducir riesgos de accidentes, evitar la acumulación de materiales que puedan ser arrastrados hacia el drenaje pluvial y conservar condiciones adecuadas de servicio para los usuarios del transporte público, peatones, ciclistas y vehículos particulares.

Esta actividad se aplica de manera general en todo el corredor urbano, incluyendo los carriles mixtos, el carril confinado, banquetas, cruces peatonales, estaciones centrales bidireccionales, zonas de espera, accesos a estaciones, camellones, áreas laterales y espacios asociados al mobiliario urbano. También debe considerarse en las inmediaciones de rejillas, coladeras y bocas de tormenta, ya que la acumulación de basura o material de arrastre puede disminuir la capacidad de captación del sistema pluvial, situación especialmente relevante en zonas con lluvias frecuentes como Tabasco.

Frecuencia: Diaria o al menos 3 veces por semana

- Barrido y lavado de superficies

Comprende la remoción manual o mecánica de polvo, tierra, lodo, manchas, residuos orgánicos, sedimentos y materiales adheridos sobre pavimentos, banquetas, plataformas de estación y zonas peatonales. Esta actividad permite conservar superficies limpias, reducir condiciones resbalosas, mejorar la imagen urbana del corredor y evitar que el material acumulado sea trasladado hacia el sistema de drenaje durante eventos de lluvia. En zonas de alta afluencia peatonal, el lavado puede ser necesario para retirar residuos persistentes o materiales que comprometan la seguridad y comodidad de los usuarios. Su ejecución debe priorizarse en puntos donde exista concentración de usuarios, como estaciones centrales bidireccionales e intersecciones semaforizadas, además de zonas donde se acumule lodo o sedimento después de lluvias.

Frecuencia: Barrido diario o 3 veces por semana; lavado semanal o quincenal

- Desazolve y limpieza del sistema de drenaje pluvial

Consiste en retirar sedimentos, basura, hojas, ramas, lodos y cualquier material que obstruya o reduzca la capacidad hidráulica de los elementos de captación, conducción y descarga del sistema

pluvial. Esta actividad es fundamental para garantizar el adecuado funcionamiento del drenaje urbano, prevenir encharcamientos, reducir afectaciones a la superficie de rodamiento y evitar condiciones inseguras para peatones y usuarios del transporte público. Debe realizarse de forma preventiva antes de la temporada de lluvias y de forma correctiva después de eventos pluviales importantes.

Frecuencia: Mensual; quincenal en temporada de lluvias; inmediato después de lluvias intensas.

- Bacheo menor y reparación puntual de pavimento

El bacheo menor comprende la reparación localizada de baches, desprendimientos, deformaciones superficiales, hundimientos incipientes o pérdidas de material en la superficie de rodamiento. Esta actividad tiene como finalidad restituir condiciones adecuadas de circulación, evitar que los deterioros se amplíen y reducir riesgos para vehículos particulares, transporte público y usuarios vulnerables. La atención oportuna de estos daños permite prolongar la vida útil del pavimento y mantener una operación segura y continua del corredor.

Frecuencia: Según detección; revisión semanal y atención inmediata en puntos críticos

- Sellado de grietas y fisuras

El sellado de grietas y fisuras es una actividad preventiva que consiste en rellenar y proteger las aberturas superficiales del pavimento para evitar la infiltración de agua, la pérdida de material y el avance del deterioro estructural o superficial. Esta acción es particularmente importante en zonas con alta humedad, lluvias frecuentes o presencia de tránsito pesado, ya que el agua infiltrada puede acelerar el deterioro del pavimento, generar desprendimientos, deformaciones o baches.

Frecuencia: Trimestral o semestral, según estado del pavimento

- Conservación del señalamiento horizontal

La conservación del señalamiento horizontal comprende la limpieza, repintado, reposición o reforzamiento de las marcas sobre el pavimento, con el fin de mantener su visibilidad, funcionalidad y capacidad de orientar correctamente a los usuarios. Esta actividad incluye líneas divisorias, líneas de alto, flechas direccionales, pasos peatonales, marcas de carril confinado, zonas de ascenso y descenso, marcas de prioridad al transporte público y demás elementos de regulación. Su mantenimiento es esencial para la seguridad vial, especialmente en condiciones de lluvia o baja visibilidad. En cruces semaforizados y zonas de alta afluencia peatonal, el señalamiento horizontal debe conservarse claramente visible para proteger a usuarios vulnerables y ordenar los flujos de circulación.

Frecuencia: Revisión mensual; repintado semestral o cuando pierda visibilidad.

- Conservación de señalamiento vertical

La conservación del señalamiento vertical consiste en limpiar, enderezar, reponer, sustituir o reubicar señales que se encuentren deterioradas, vandalizadas, inclinadas, despintadas, robadas o con baja visibilidad. Esta actividad también incluye revisar el estado de postes, cimentaciones, anclajes,

elementos retrorreflectivos y orientación de las señales. Su propósito es asegurar que la información vial, restrictiva, preventiva, informativa y operativa sea clara, visible y comprensible para todos los usuarios del corredor. También debe verificarse que las señales no estén obstruidas por vegetación, mobiliario, postes, anuncios u otros elementos urbanos que limiten su visibilidad.

Frecuencia: Revisión mensual; atención inmediata si hay daño o pérdida de visibilidad.

- Mantenimiento de iluminación

El mantenimiento de iluminación consiste en revisar, limpiar, reparar y sustituir luminarias, postes, brazos, cableado, tableros, conexiones y demás elementos del sistema de alumbrado. Esta actividad busca garantizar niveles adecuados de visibilidad nocturna, mejorar la percepción de seguridad, reducir riesgos de accidentes y favorecer el uso seguro del espacio público. También incluye identificar zonas con iluminación insuficiente, luminarias fundidas, parpadeantes o dañadas por vandalismo o condiciones ambientales. Debe priorizarse en puntos de alta concentración peatonal, cruces semaforizados, estaciones y zonas de ascenso y descenso, ya que una iluminación deficiente puede incrementar el riesgo para peatones, usuarios del transporte público y ciclistas.

Frecuencia: Inspección nocturna quincenal o mensual; reposición inmediata de luminarias fundidas

- Mantenimiento de mobiliario urbano

El mantenimiento de mobiliario urbano consiste en limpiar, reparar, pintar, proteger, sustituir o conservar los elementos instalados para el servicio, comodidad y seguridad de los usuarios. Esta actividad incluye la revisión de anclajes, estabilidad, corrosión, acabados, piezas faltantes, daños por uso, vandalismo o deterioro ambiental. Mantener el mobiliario en buenas condiciones contribuye a mejorar la funcionalidad del corredor y la percepción de orden y seguridad del espacio público. Debido a las condiciones de humedad de la región, es recomendable revisar periódicamente los elementos metálicos y aplicar protección anticorrosiva cuando sea necesario.

Frecuencia: Limpieza semanal; revisión mensual; reparación según daño detectado.

- Control de vegetación

El control de vegetación comprende la poda, retiro o manejo de árboles, arbustos, maleza, ramas y raíces que puedan afectar la operación, seguridad o conservación del corredor. Esta actividad busca mantener libre la visibilidad de señales y semáforos, evitar obstrucciones sobre banquetas o carriles, reducir riesgos por caída de ramas y prevenir daños en pavimentos, banquetas, rejillas o instalaciones urbanas. También permite conservar una imagen urbana ordenada y segura. Debe verificarse que la vegetación no invada el ancho libre peatonal, no obstruya la visibilidad de dispositivos de control de tránsito y no interfiera con rejillas, coladeras o bocas de tormenta.

Frecuencia: Mensual; quincenal en temporada de mayor crecimiento

- Retiro de grafiti y atención al vandalismo

Esta actividad consiste en retirar grafiti, limpiar superficies afectadas, reparar daños y sustituir elementos vandalizados o sustraídos. Su objetivo es conservar la imagen urbana, mantener la

funcionalidad de los elementos del corredor y evitar que el deterioro visible incentive mayores actos de vandalismo o abandono. También incluye la reposición de piezas rotas, señalamiento dañado, luminarias vulneradas, mobiliario afectado o elementos de estación deteriorados intencionalmente. Debe atenderse de manera oportuna, especialmente en estaciones y cruces peatonales, donde el deterioro puede afectar tanto la percepción de seguridad como la operación del corredor.

Frecuencia: Según detección; atención preferente dentro de 24 a 72 horas.

- Mantenimiento de áreas verdes

Comprende las actividades necesarias para conservar en condiciones adecuadas los espacios ajardinados, camellones, jardineras, franjas verdes, áreas con cobertura vegetal y zonas de integración paisajística del corredor urbano. Esta actividad incluye el riego, poda ornamental, retiro de hojas secas, reposición de plantas dañadas o muertas, fertilización, control fitosanitario, limpieza de jardineras, conservación de suelo vegetal, retiro de maleza y revisión del estado general de árboles, arbustos, pasto o especies vegetales utilizadas en el proyecto. Su finalidad es mantener la imagen urbana del corredor, contribuir al confort ambiental, reducir el deterioro de las áreas verdes y evitar que estos espacios se conviertan en puntos de acumulación de basura, lodo o fauna nociva.

Debe considerarse el efecto de las lluvias frecuentes, la humedad elevada y el rápido crecimiento de vegetación, por lo que será necesario mantener un programa constante de poda, limpieza y control de maleza. Asimismo, se deberá verificar que las áreas verdes no obstruyan la visibilidad de señales, semáforos o luminarias, no invadan banquetas o carriles, y no interfieran con rejillas, coladeras, bocas de tormenta u otros elementos del sistema pluvial.

Frecuencia: Semanal o quincenal; semanal en temporada de lluvias; reposición de especies y control fitosanitario mensual, bimestral o según diagnóstico.

6.2 PUENTE CARRIZAL

Actividades de mantenimiento rutinario

- Limpieza de calzada.

La limpieza de la calzada consiste en retirar de la superficie de rodadura del puente y de sus accesos inmediatos cualquier material que pueda afectar la seguridad del tránsito o el adecuado funcionamiento de la vía, como basura, polvo, arena, tierra, hojas, residuos sólidos, fragmentos sueltos de pavimento u otros elementos acumulados sobre la calzada.

Esta actividad debe realizarse de forma rutinaria para mantener la superficie libre de obstáculos, evitar condiciones de deslizamiento para los vehículos, favorecer el escurrimiento superficial del agua de lluvia y conservar una adecuada imagen y operación del puente. También permite identificar de manera temprana daños visibles en la carpeta asfáltica, bordes, juntas o zonas de transición.

La limpieza puede ejecutarse mediante barrido manual, barrido mecánico o retiro localizado de residuos, dependiendo de las condiciones del sitio, el volumen de tránsito y la cantidad de material

acumulado.

Frecuencia: Se recomienda realizarla de forma mensual. En temporada de lluvias, periodos de alta acumulación de residuos o después de eventos extraordinarios, la frecuencia puede incrementarse a quincenal o ejecutarse de manera inmediata cuando se observe material que afecte la seguridad vial.

- Pintura de vialidad.

La pintura de vialidad consiste en la aplicación, reposición o mantenimiento de la señalización horizontal sobre la superficie de rodadura del puente y sus accesos inmediatos. Incluye líneas de carril, líneas de borde, marcas de aproximación, flechas direccionales, zonas de advertencia u otras marcas viales que formen parte del proyecto.

Esta actividad tiene como finalidad conservar la visibilidad, orientación y seguridad de los usuarios, especialmente durante la noche, en condiciones de lluvia o en zonas donde el tránsito requiera una adecuada canalización. La pintura debe mantenerse con buena adherencia, color definido y reflectancia suficiente, evitando que el desgaste genere confusión o pérdida de referencia para los conductores.

Previo a su aplicación, la superficie debe encontrarse limpia, seca y libre de polvo, grasa, humedad, material suelto o cualquier contaminante que reduzca la adherencia de la pintura. Cuando las marcas existentes estén deterioradas, se debe realizar el repintado siguiendo la geometría, dimensiones y colores establecidos para la señalización vial correspondiente.

Frecuencia: Se recomienda realizar la revisión semestral del estado de la pintura y programar el repintado de forma anual, o antes si se observa pérdida significativa de visibilidad, desgaste prematuro, desprendimiento, baja reflectancia o afectación por tránsito intenso.

- Pintura de bordillos

La pintura de bordillos consiste en la aplicación o reposición de pintura en los bordillos, guarniciones, cordones o elementos delimitadores ubicados en el puente y sus accesos inmediatos. Su finalidad es mejorar la visibilidad lateral de la calzada, reforzar la delimitación de los bordes de circulación y contribuir a la seguridad vial, especialmente en condiciones nocturnas, de lluvia o baja visibilidad.

Esta actividad debe considerar la limpieza previa de la superficie, retirando polvo, tierra, grasa, humedad, pintura deteriorada o material suelto que pueda afectar la adherencia. La pintura debe aplicarse con el color, acabado y extensión definidos para la vía, procurando una terminación uniforme y visible.

Frecuencia: Se recomienda realizar una revisión semestral del estado de la pintura y programar el repintado de forma anual, o antes si se observa desgaste, pérdida de color, desprendimiento, suciedad permanente o baja visibilidad de los bordillos.

- Limpieza de drenes, bajantes, cunetas y elementos de captación pluvial del puente.

La limpieza de drenes, bajantes, cunetas y elementos de captación pluvial consiste en retirar basura, tierra, hojas, arena, sedimentos, residuos sólidos o cualquier material que pueda obstruir el escurrimiento del agua de lluvia en el puente y sus accesos inmediatos.

Esta actividad es importante porque permite conservar el adecuado funcionamiento del sistema de drenaje superficial, evitando encharcamientos sobre la calzada, acumulación de humedad en la carpeta asfáltica, filtraciones hacia la losa o escurrimientos no controlados sobre elementos estructurales. Un drenaje obstruido puede acelerar el deterioro del pavimento y de los elementos de concreto, por lo que su mantenimiento debe considerarse prioritario dentro de las actividades rutinarias.

La limpieza debe realizarse mediante retiro manual o mecánico del material acumulado, verificando que las salidas de agua descarguen libremente y que no existan taponamientos, piezas sueltas, roturas o deterioro en los componentes del sistema pluvial.

Frecuencia: Se recomienda realizar esta actividad de forma mensual, incrementando la revisión y limpieza antes y durante la temporada de lluvias. También debe ejecutarse después de lluvias intensas, cuando se observe acumulación de material o cuando existan encharcamientos sobre la calzada o en los accesos del puente.

- Inspección visual rutinaria de elementos estructurales visibles.

La inspección visual rutinaria consiste en revisar de manera general y periódica los elementos estructurales visibles del puente, como la losa, vigas, diafragmas, estribos, zonas de apoyo y demás componentes accesibles, con el fin de identificar oportunamente señales de deterioro o condiciones anormales.

Durante esta actividad se debe observar si existen fisuras, desprendimientos, manchas de humedad, escurrimientos, corrosión visible, exposición de acero de refuerzo, deformaciones aparentes, golpes, pérdida de recubrimiento, daños en bordes o cualquier condición que pueda indicar un inicio de deterioro. Esta inspección no sustituye una evaluación estructural especializada, pero permite detectar problemas de forma temprana y programar acciones de mantenimiento preventivo.

La revisión debe realizarse de forma ordenada, recorriendo el puente y sus accesos, observando tanto la parte superior como los elementos visibles inferiores, siempre que las condiciones de seguridad lo permitan. Es recomendable acompañar la inspección con registro fotográfico y ubicación aproximada de los hallazgos.

Frecuencia: Se recomienda realizarla de forma semestral. También debe efectuarse una revisión adicional después de eventos extraordinarios, como lluvias intensas, sismos, impactos vehiculares, incendios cercanos o cualquier situación que pudiera haber afectado la estructura del puente.

- Identificación y registro de fisuras, desprendimientos, manchas de humedad, corrosión visible o deterioros superficiales.

La identificación y registro de deterioros superficiales consiste en documentar de manera ordenada las condiciones observadas durante la inspección visual del puente, incluyendo fisuras,

desprendimientos de concreto, manchas de humedad, escurrimientos, exposición de acero de refuerzo, corrosión visible, pérdida de recubrimiento, golpes, deformaciones aparentes o cualquier otro daño superficial.

Esta actividad no implica necesariamente la reparación inmediata del deterioro, sino su levantamiento, ubicación y seguimiento. Para ello, se recomienda registrar el tipo de daño, el elemento donde se presenta, su ubicación aproximada, dimensiones estimadas, severidad aparente y evidencia fotográfica. Esto permite comparar la evolución del daño en inspecciones posteriores y determinar si requiere mantenimiento menor, reparación especializada o evaluación estructural más detallada.

El registro debe formar parte del control periódico del puente, ya que ayuda a priorizar intervenciones y evitar que deterioros menores evolucionen hacia daños más importantes.

Frecuencia: Se recomienda realizar esta actividad de forma semestral, junto con la inspección visual rutinaria de los elementos estructurales. También debe efectuarse de manera adicional cuando se detecten daños durante recorridos de mantenimiento, después de lluvias intensas, impactos vehiculares, sismos u otros eventos extraordinarios que pudieran afectar la estructura.

- Sellado puntual de fisuras menores, cuando corresponda

El sellado puntual de fisuras menores consiste en atender fisuras superficiales o de baja severidad que se presenten en elementos de concreto del puente, siempre que estas no representen un daño estructural significativo. Su objetivo principal es evitar el ingreso de agua, humedad, finos, sales u otros agentes que puedan acelerar el deterioro del concreto o favorecer la corrosión del acero de refuerzo.

Antes de realizar el sellado, las fisuras deben ser identificadas y evaluadas visualmente para determinar si corresponden a fisuras menores o si requieren una revisión técnica más detallada. Cuando sean superficiales y estables, se debe limpiar adecuadamente la zona, retirar polvo, material suelto, humedad o contaminantes, y aplicar el material de sellado compatible con el concreto existente y con las condiciones de exposición del puente.

Esta actividad debe ejecutarse únicamente cuando corresponda, ya que no todas las fisuras deben sellarse de manera inmediata. En caso de fisuras activas, progresivas, de gran abertura, con presencia de humedad constante, corrosión, filtraciones importantes o asociadas a deformaciones, debe recomendarse una evaluación especializada antes de intervenir.

Frecuencia: Se recomienda realizar esta actividad según necesidad, con base en los resultados de la inspección visual y del registro de deterioros. Como criterio práctico, puede revisarse su necesidad de forma semestral o anual, junto con la inspección general del puente, y ejecutarse de manera puntual cuando se detecten fisuras menores que requieran protección preventiva.

- Reparación menor de desprendimientos superficiales en elementos de concreto.

La reparación menor de desprendimientos superficiales consiste en atender daños localizados en elementos de concreto del puente, como pequeñas pérdidas de recubrimiento, desprendimientos

superficiales, bordes deteriorados o zonas con material suelto, siempre que no representen una afectación estructural importante.

Esta actividad tiene como finalidad evitar que el deterioro avance, proteger el concreto y, cuando exista acero cercano a la superficie, reducir el riesgo de exposición, humedad o corrosión. Previo a la reparación, debe retirarse todo el material flojo o mal adherido, limpiar la zona afectada y verificar visualmente que el daño sea superficial. Posteriormente, se puede reponer el área con material compatible o el sistema indicado por la entidad responsable del mantenimiento.

Cuando el desprendimiento sea más profundo, recurrente, presente acero expuesto, corrosión activa, humedad constante o se ubique en elementos principales como vigas, losa, diafragmas, estribos o elementos estructurales, no debe tratarse únicamente como mantenimiento rutinario. En esos casos, conviene registrar el daño y solicitar una evaluación técnica más detallada antes de intervenir.

Frecuencia: Se recomienda realizar esta actividad según necesidad, con base en los resultados de las inspecciones visuales. Como criterio de control, su revisión puede efectuarse de forma semestral o anual, y la reparación debe programarse cuando se detecten desprendimientos menores que puedan avanzar si no se atienden oportunamente.

- Limpieza y mantenimiento de barandas, parapetos, defensas metálicas y elementos de contención vehicular.

La limpieza y mantenimiento de barandas, parapetos, defensas metálicas y elementos de contención vehicular consiste en conservar en buen estado los componentes destinados a la protección y seguridad de los usuarios del puente. Esta actividad incluye el retiro de polvo, lodo, basura, vegetación, residuos adheridos, manchas, corrosión superficial y cualquier elemento que afecte su visibilidad, funcionamiento o apariencia.

Durante la revisión se debe verificar que las barandas, parapetos o defensas no presenten golpes, deformaciones, piezas flojas, elementos faltantes, anclajes deteriorados, pérdida de pintura, corrosión visible o daños por impacto vehicular. En caso de detectar afectaciones menores, se deberán programar acciones de limpieza, ajuste, repintado o reposición puntual, según corresponda.

Esta actividad es importante porque estos elementos cumplen una función de seguridad vial y contención, por lo que deben mantenerse visibles, firmes, continuos y libres de deterioros que puedan reducir su desempeño. Cuando se identifiquen daños importantes por impacto, deformaciones severas o pérdida de capacidad de contención, no debe tratarse únicamente como mantenimiento rutinario, sino que deberá registrarse y atenderse mediante una intervención correctiva específica.

Frecuencia: Se recomienda realizar la limpieza e inspección visual de forma semestral. La reposición, ajuste, repintado o reparación de elementos dañados deberá ejecutarse según necesidad, conforme a los deterioros observados durante las revisiones.

- Limpieza de señalización vertical, dispositivos reflejantes, delineadores y elementos de seguridad vial.

La limpieza de señalización vertical, dispositivos reflejantes, delineadores y elementos de seguridad vial consiste en mantener en condiciones adecuadas de visibilidad y funcionamiento todos los elementos que orientan, advierten o regulan el tránsito en el puente y sus accesos inmediatos.

Esta actividad incluye la limpieza de señales verticales, postes, placas, captafaros, delineadores, reflejantes, barreras visuales, dispositivos preventivos y demás elementos instalados para mejorar la seguridad vial. Deben retirarse polvo, lodo, manchas, residuos, vegetación, adhesivos, pintura, grafitis o cualquier material que reduzca su visibilidad, reflectancia o legibilidad.

Durante la actividad también se debe verificar que los elementos estén correctamente colocados, firmes, alineados y sin daños visibles. En caso de observar señales inclinadas, deterioradas, desprendidas, con pérdida de reflectancia o con información poco visible, deberán registrarse para su reposición o reparación puntual.

Frecuencia: Se recomienda realizar la limpieza y revisión de estos elementos de forma semestral. La reposición de elementos dañados, faltantes o con baja visibilidad debe ejecutarse según necesidad, una vez identificados durante las revisiones.

- Reposición puntual de captafaros, delineadores, señales o elementos menores dañados.

La reposición puntual de captafaros, delineadores, señales o elementos menores dañados consiste en sustituir aquellos dispositivos de seguridad vial que se encuentren rotos, desprendidos, deformados, con baja visibilidad, pérdida de reflectancia o que hayan sido retirados por impacto, vandalismo o desgaste natural.

Esta actividad incluye la revisión de elementos como captafaros, delineadores, señales verticales, reflejantes, postes, placas, botones viales u otros dispositivos menores instalados en el puente y sus accesos. Su finalidad es mantener condiciones adecuadas de orientación, visibilidad y seguridad para los usuarios, principalmente durante la noche, en lluvia o en condiciones de baja visibilidad.

La reposición debe realizarse con elementos equivalentes a los existentes o conforme a lo indicado por la autoridad responsable, respetando ubicación, color, dimensiones, orientación y características reflectantes. Cuando el daño sea causado por impactos vehiculares o deformaciones importantes en elementos de contención, deberá registrarse y evaluarse si se requiere una intervención mayor.

Frecuencia: Se recomienda realizar la revisión de estos elementos de forma semestral, junto con la limpieza y verificación de la señalización y dispositivos de seguridad vial. La reposición debe ejecutarse según necesidad, tan pronto como se detecten elementos dañados, faltantes o con pérdida significativa de visibilidad.

- Bacheo menor o reparación localizada en la superficie de rodadura.

El bacheo menor o reparación localizada en la superficie de rodadura consiste en atender daños puntuales en el pavimento del puente, como baches, desprendimientos, grietas abiertas, deformaciones menores, pérdida de material asfáltico o zonas deterioradas que puedan afectar la comodidad y seguridad del tránsito.

El objetivo es evitar que daños pequeños evolucionen hacia deterioros mayores, pérdida de confort, acumulación de agua o afectaciones a la carpeta asfáltica. Cuando se observen hundimientos importantes, escalonamientos, asentamientos progresivos o deterioros recurrentes en la zona de transición, debe registrarse la condición y evaluarse si se requiere una intervención más amplia.

Frecuencia: Se recomienda realizar la revisión de forma trimestral dependiendo del nivel de tránsito y de la exposición a lluvias. El bacheo o reparación localizada debe ejecutarse según necesidad, tan pronto como se detecten daños que puedan afectar la circulación, seguridad vial o comodidad de los usuarios.

- Limpieza de grafitis, anuncios no autorizados o elementos ajenos a la infraestructura.

La limpieza de grafitis, anuncios no autorizados o elementos ajenos a la infraestructura consiste en retirar pintas, carteles, publicidad no permitida, adhesivos, residuos adheridos u otros elementos que afecten la imagen, visibilidad, seguridad o conservación del puente y sus componentes.

Esta actividad debe aplicarse en elementos como barandas, parapetos, muros, estribos, señalización, defensas, bordillos y superficies visibles del puente, siempre que la limpieza no dañe el acabado existente ni los materiales de la estructura. Su objetivo es mantener una adecuada imagen urbana, evitar la acumulación de elementos ajenos y conservar la funcionalidad de la señalización y dispositivos de seguridad vial.

Cuando se trate de grafitis o pintura adherida sobre concreto, metal o señalización, deberá emplearse un método de limpieza compatible con el material afectado, evitando productos abrasivos o químicos que puedan deteriorar el recubrimiento, la pintura de protección o la superficie del elemento. En caso de anuncios o carteles, se deberán retirar también clavos, amarres, adhesivos o soportes improvisados que puedan generar daño o condiciones inseguras.

Frecuencia: Se recomienda realizar esta actividad según necesidad, cuando se detecten grafitis, anuncios no autorizados o elementos ajenos a la infraestructura. Como criterio de control, puede verificarse su presencia durante los recorridos de mantenimiento mensuales o bimestrales.

- Elaboración de reportes periódicos del estado general del puente y de las acciones de mantenimiento ejecutadas.

La elaboración de reportes periódicos consiste en documentar de manera ordenada el estado general del puente, las actividades de mantenimiento realizadas, los deterioros observados y las recomendaciones de seguimiento que pudieran derivarse de las inspecciones o recorridos rutinarios.

Estos reportes deben incluir, cuando corresponda, la fecha de revisión, condiciones generales observadas, actividades ejecutadas, elementos intervenidos, registro fotográfico, descripción de daños visibles, acciones correctivas realizadas y actividades pendientes de atención. También pueden incorporar observaciones sobre la calzada, drenaje, señalización, barandas, parapetos, carpeta asfáltica, elementos estructurales visibles y accesos inmediatos.

La finalidad de esta actividad es contar con un historial de mantenimiento que permita dar seguimiento a la evolución del estado del puente, justificar intervenciones futuras, programar

trabajos preventivos y dejar constancia de las acciones realizadas. Este registro también ayuda a diferenciar deterioros menores de condiciones que podrían requerir una evaluación técnica más detallada.

Frecuencia: Se recomienda elaborar estos reportes de forma semestral, integrando los resultados de las inspecciones visuales y de las actividades de mantenimiento rutinario realizadas durante el periodo. También deberá elaborarse un reporte adicional después de eventos extraordinarios o cuando se ejecuten reparaciones relevantes en el puente.



Nombre del proyecto:

"PROYECTO INTEGRAL VILLAHERMOSA 2030"

Informe Técnico

Informe Geotécnico Puente Carrizal

Fecha 07/05/2026 — VSA-PE-T1-GEO-INF-PTE_1.8-0001-E00

MOTA-ENGIL MÉXICO IDOM VEA ARQUITECTOS C&G Consultores en Ingeniería Hidráulica TABASCO GOBIERNO DEL PUEBLO

	VSA-PE-T1-GEO-INF-PTE_1.8-0001-E00			
Rev. 01	Primera emisión	Realizado por:	_____	07/05/2026
		Revisado por:	_____	
		Aprobado por:	_____ Leticia Giménez Benítez	

ÍNDICE

1 INTRODUCCIÓN 1
2 OBJETIVOS 3
3 ALCANCE 4
4 GENERALIDADES 6
4.1 Localización del proyecto 6
4.2 Estructuras proyectadas 7
5 CONTEXTO GEOLÓGICO 9
5.1 Geología Regional 9
5.1.1 Estratigrafía 11
5.1.2 Geología Estructural 13
5.1.3 Tectónica 14
5.1.4 Geomorfología 15
5.2 Geología del sitio 17
5.3 Hidrogeología 18
5.3.1 Nivel de Aguas Freáticas 19
6 Análisis de riesgo sísmico de geotecnia 20
6.1 Sismicidad 20
6.2 Regionalización sísmica 22
7 Sondeos de Geología 24
8 Pruebas de laboratorio de geología 26
9 Geología de detalle 33
10 Especificaciones de geología 35
11 Estudio geotecnico – estructural 39
11.1 Recomendación Taludes de corte 39
11.2 Recomendaciones de fundación 40
11.3 Criterios de aceptación del comportamiento de geotecnia 41
12 Análisis de constructividad geotécnica 42
12.1 Excavaciones para el encepado 42
12.2 Excavaciones en margen del cauce – Sistema de tablestacado 42

12.3 Proceso constructivo recomendado..... 43

Índice de Figuras

Figura 1 Localización general Puente Río Carrizal 6
Figura 2 Margen derecha e iquierda el cauce en el sito donde se ubicará el proyecto. 7
Figura 3 Planta de localización del puente 8
Figura 4 Perfil longitudinal de la estructura.....8
Figura 5 Carta Geológica de la República mexicana a escala 1:2,000,000 10
Figura 6 Unidades geológicas a escala 1:250,000 del SGM 11
Figura 7 Geología regional en el área del proyecto 13
Figura 8 Tectónica del área de estudio 15
Figura 9 Geomorfología regional de Tabasco..... 16
Figura 10 Red de drenajes zona Centro - Villahermosa..... 19
Figura 11 Sismos históricos con epicentro cercano a Villahermosa..... 20
Figura 12 Sismos históricos con epicentro cercano al puente sobre el río carriazal 21
Figura 13 Regionalización sísmica de la República Mexicana. 22
Figura 14 Localización sondeos Puente Carrizal..... 24
Figura 15 Variación del número del golpes del ensayo de penetracion estandar con la profundidad ización sondeos Puente Carrizal 32
Figura 16 Esquema general del perfil geológico – geotécnico..... 34
Figura 17 Columnas estratigráficas 37
Figura 18 Resultados análisis de estabilidad 40
Figura 19 Esquema conceptual de excavación del encepado - talud 2H:1V..... 42
Figura 20 Esquema conceptual de tablestacado en margen del río para contención y excavación vertical. 43
Figura 21 Condición final desmonte y tablestacado..... 44

Índice de Tablas

Tabla 1 Valores de la aceleración máxima en roca por zonas. 23
Tabla 2 Resumen de la exploración de campo ejecutada 25
Tabla 3 Ensayos de laboratorio realizados para la caracterización del subsuelo 26
Tabla 4 Resumen ensayos de laboratorio realizados para la caracterización del subsuelo 30
Tabla 5 Parámetros utilizados en las modelaciones geotécnicas. 39

1 INTRODUCCIÓN

El Plan Maestro Villahermosa 2030 establece la transformación de la ciudad ampliando la cobertura de MOVITAB (Sistema de Movilidad Integral de Tabasco) mediante la consolidación de ejes de movilidad y desarrollando nueva infraestructura.

La ciudad de Villahermosa enfrenta la necesidad de evaluar nuevas alternativas de transporte que contribuyan a mejorar la calidad de vida de sus habitantes. Actualmente, la movilidad se basa principalmente en el transporte terrestre, por lo que se busca implementar sistemas que prioricen el transporte público sobre el privado en esta zona urbana, que cuenta con aproximadamente 850,000 de habitantes.

El "Plan Maestro y Anteproyecto Villahermosa 2030" (en adelante el Proyecto), tiene como propósito la implementación de la primera red de buses híbridos para la ciudad. Esta red de movilidad brindará a los tabasqueños un sistema urbano conectado con la zona Centro, sustentable, moderno, cómodo, seguro, rápido y eficiente.

Este proyecto implementa un total de 42.8 km de transporte público urbano en el Plan Maestro de Villahermosa 2030 como eje central para la movilidad en la capital del estado, creando un sistema policéntrico que fortalece las líneas de transporte existentes de MOVITAB y su interconectividad. Basado en el crecimiento poblacional, urbano y económico, este proyecto, integra una serie de soluciones vehiculares que formarán parte de la Nueva Red de Transporte Urbano de la ciudad de Villahermosa.

Este proyecto reducirá los tiempos de viaje hasta en un 60%, lo que se traduce en un ahorro promedio anual de 72 horas por pasajero, permitiendo a los ciudadanos participar en actividades más productivas o de ocio, mejorando su bienestar general. Adicionalmente, el Proyecto generará importantes beneficios económicos, incluyendo una reducción del 43% en los costos del transporte público, ahorrando a cada usuario hasta 1,764 MXN anuales. Estos ahorros, sumados al incremento previsto en el empleo y la dinámica económica local, evidencian el potencial del Proyecto para impulsar un desarrollo sostenible en esta región del país.

El Proyecto propuesto considera un sistema de corredor abierto de buses con tecnología híbrida. El Proyecto atenderá una demanda estimada de 75,156 pasajeros/día en su primer año de operaciones, beneficiando a colonias como Gaviotas, Bosques de Saloya, Lagunas, Tamulté, Buena Vista, Sabina y Ciudad Industrial.

El beneficio principal del proyecto se materializará en la optimización de los tiempos de desplazamiento y en la mejora sustancial de la experiencia del usuario durante el viaje, lo que impactará directamente en indicadores de calidad de vida.

Con lo anterior se pretende garantizar una movilidad segura, digna y eficiente. En particular con la integración de un sistema de transporte urbano que responda a las necesidades de viaje multimodal. Bajo esta visión, se impulsa la creación de una red de movilidad propia que reduzca las brechas en infraestructura y mejore la cobertura de acceso a un transporte público más rápido, moderno, seguro,

accesible y sostenible.

Este nuevo sistema fortalecerá la conectividad con, promoverá el desarrollo económico en zonas estratégicas y otorgará identidad a la red urbana, consolidando un modelo de movilidad pensado para los habitantes de Villahermosa.

2 OBJETIVOS

El presente estudio geotécnico tiene como objetivo caracterizar las condiciones geológicas y geotécnicas del sitio donde se proyecta la construcción del puente sobre el rio Carrizal en la ciudad de Villahermosa, Estado de Tabasco, con el fin de proporcionar los parámetros técnicos necesarios para el desarrollo de la obra, garantizando su estabilidad, seguridad y funcionalidad durante su etapa constructiva y a lo largo de su vida útil. Todo lo anterior con el fin de dar cumplimiento a los requisitos técnicos establecidos por la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) para la autorización de obras en cauces y zona federal, proporcionando un soporte técnico integral que respalde el desarrollo del proyecto de conformidad con la normativa vigente.

3 ALCANCE

El alcance del presente estudio geotécnico se establece en función del cumplimiento de los requerimientos establecidos por la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) para la autorización de obras de infraestructura hidráulica en cauces y zonas federales, y comprende las actividades y análisis que se describen a continuación:

- Aspectos geológicos regionales. Identificación y descripción del marco geológico regional del área donde se ubica el proyecto, considerando las unidades geológicas, condiciones geomorfológicas y el contexto sedimentario predominante, con el fin de establecer su influencia en el comportamiento general del subsuelo y en el diseño de la obra.
- Caracterización geológica y geotécnica del sitio. Se desarrolla la descripción detallada de las condiciones geológicas y geotécnicas específicas del sitio del proyecto, incluyendo la estratigrafía local, tipos de suelo, condiciones hidrogeológicas y nivel freático, mediante trabajos de exploración directa y análisis de información disponible.
- Ejecución e interpretación de sondeos de geología. El estudio contempla la realización de sondeos geotécnicos estratégicamente ubicados en el eje del puente y zonas de pilas y estribos, con registro estratigráfico detallado, determinación del nivel freático y obtención de muestras representativas para su análisis en laboratorio.
- Ensayos de laboratorio de geología. Se llevan a cabo pruebas de laboratorio para la determinación de las propiedades físicas y mecánicas de los suelos.
- Definición de la geología de detalle. Basados en la información de campo y laboratorio se realiza un modelo geológico geotécnico de detalle, con lo cual se permite evaluar el comportamiento del suelo.
- Establecimiento de especificaciones de geología. Esto incluye la clasificación de materiales, criterios de excavación, manejo de suelos inadecuados, control del nivel freático y recomendaciones para rellenos y mejoramiento del terreno.
- Desarrollo del estudio geotécnico estructural. Se analizan las condiciones del subsuelo para establecer los parámetros geotécnicos requeridos en el diseño estructural del puente, evaluando la capacidad de carga, asentamientos admisibles e interacción suelo estructura, y recomendando el tipo de cimentación más apropiado.
- Definición de criterios de aceptación del comportamiento geotécnico. Se establecen los criterios de aceptación para la evaluación del comportamiento del terreno y la cimentación, incluyendo límites admisibles de asentamientos, deformaciones y factores de seguridad, tanto en la etapa constructiva como durante la vida útil de la estructura.
- Análisis de constructibilidad desde el punto de vista geotécnico. El alcance del estudio incluye la evaluación de la factibilidad constructiva de la obra desde el enfoque geotécnico, considerando estabilidad de excavaciones, control del agua subterránea, secuencia

constructiva, necesidades de entibación y condiciones particulares del sitio.

- Análisis de riesgo sísmico de geotecnia. Se realiza el análisis del riesgo sísmico asociado al proyecto, considerando la zonificación sísmica regional, las características dinámicas de los suelos identificados y la posible amplificación sísmica, con el fin de verificar la estabilidad y seguridad de la obra ante acciones sísmicas.

4 GENERALIDADES

Como generalidades del proyecto se incluye la localización del puente sobre el río Carrizal y el detalle de las características de esta estructura, como se detalla a continuación:

4.1 LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO

El Puente sobre el río Carrizal se localiza en la ciudad de Villahermosa, Municipio de Centro, Estado de Tabasco, y corresponde a una estructura de cruce sobre el río Carrizal, en un tramo urbano consolidado de dicho cauce, como se muestra en la siguiente figura.

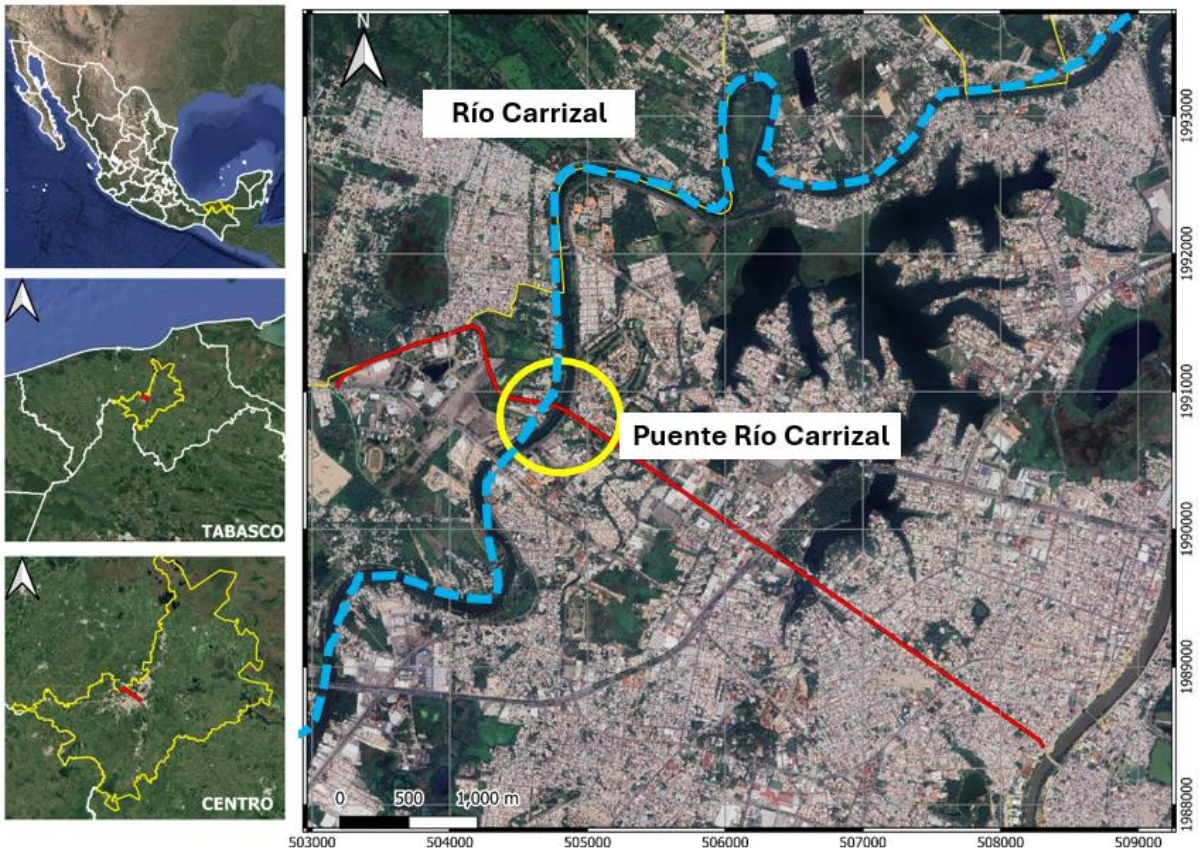


Figura 1 Localización general Puente Río Carrizal

Fuente: IDOM, 2026

El río Carrizal forma parte del sistema hidrográfico del bajo Grijalva y se caracteriza por desarrollar un trazo meándrico en una planicie aluvial de muy baja pendiente, dentro de una zona altamente influenciada por procesos fluviales y de inundación estacional. El cauce presenta márgenes bajas y materiales predominantemente aluviales, asociados a depósitos recientes de origen fluvial.

En la margen oriental del río en donde se localiza el puente se desarrolla la infraestructura vial correspondiente al Periférico Carlos Pellicer Cámara, mientras que en la margen occidental se localiza la vialidad Calle Real de Bosques de Saloya, configurando un eje de conectividad transversal entre ambas zonas urbanas.

Esta estructura conectará la avenida Paseo Tabasco, una de las principales vialidades de la ciudad, con el sector poniente, con lo cual se conectará el centro urbano con áreas residenciales y recreativas. En la proximidad inmediata del punto de cruce se identifica infraestructura urbana relevante, como áreas verdes, el teatro al aire libre y espacios recreativos, así como zonas residenciales consolidadas, lo que resalta la importancia estratégica del puente dentro del esquema de movilidad urbana. En la siguiente figura se muestra el trazado general que conforma el proyecto.

Desde el punto de vista hidrológico y ambiental, el río Carrizal es considerado un cuerpo de agua de importancia estratégica, por tal motivo, el área de estudio se encuentra sujeta a regulaciones ambientales. En términos generales, el entorno inmediato del proyecto corresponde a una planicie aluvial urbana, con niveles topográficos bajos. En las siguientes fotografías se ilustra las condiciones en la margen derecha e izquierda del puente.



a) Margen derecha



b) Margen Izquierda

Figura 2 Margen derecha e iquierda el cauce en el sito donde se ubicará el proyecto.

Fuente: IDOM, 2026

4.2 ESTRUCTURAS PROYECTADAS

La estructura proyectada comprende un viaducto de 240 m de longitud, localizado entre el PK 1+970 al PK2+210, con una luz central de 100m que sobrepasa el cauce del río Carrizal y dos luces adicionales en los extremos de 70m. El puente tendrá cimentación profunda con pilotes excavadas o

perforadas in situ. En las siguientes figuras se presente el esquema general en planta y perfil de la estructura proyectada para el cruce del cauce.

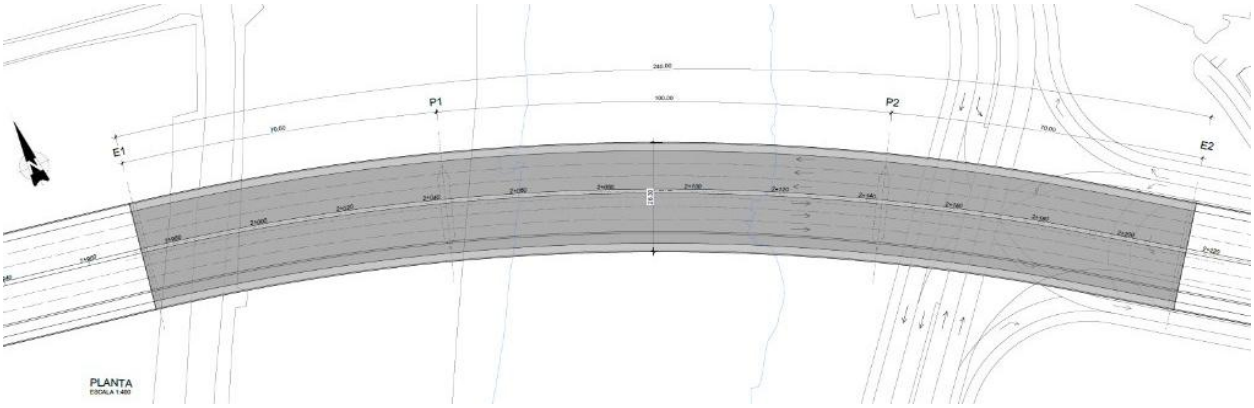


Figura 3 Planta de localización del puente

Fuente: IDOM, 2026

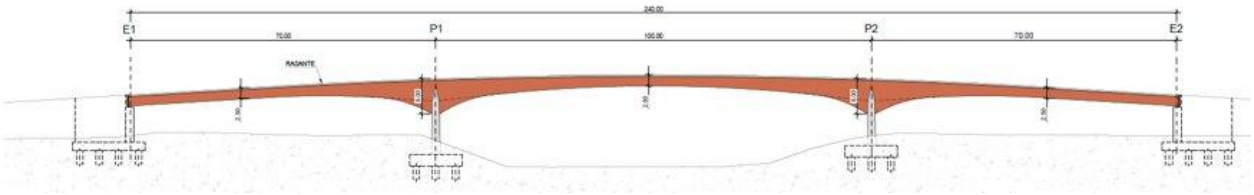


Figura 4 Perfil longitudinal de la estructura

Fuente: IDOM, 2026

5 CONTEXTO GEOLÓGICO

La información relacionada con el contexto geológico, que enmarca información estratigráfica, geomorfológico, hidrogeológica y tectónica, se basa en la recopilación de información de entidades como el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), el Servicio Geológico Mexicano (SGM) y la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA).

La zona donde se proyecta el puente se localiza en la ciudad de Villahermosa, Estado de Tabasco, dentro de la provincia fisiográfica Planicie Costera del Golfo Sur de México y desde el punto de vista sedimentológico se encuentra dentro de la cuenca del Sureste. Esta región se caracteriza por relieves prácticamente planos y una marcada influencia fluvial asociada al sistema del río Grijalva.

5.1 GEOLOGÍA REGIONAL

La región Tabasco-Campeche forma parte de la extensa Planicie Costera del Golfo, un territorio dominado por un relieve plano y por la acumulación continua de sedimentos fluviales, lacustres y marino somero, derivados de la actividad de grandes sistemas hidrográficos como el Grijalva y el Usumacinta, los cuales han sido determinantes en la configuración geomorfológica e hidráulica de la región.

En la siguiente figura, se presenta la geología a escala regional de la zona de estudio, la cual corresponde a un acercamiento de la Carta Geológica de la República mexicana a escala 1:2,000,000, elaborada y publicada por el Servicio Geológico Mexicano (SGM).

Desde el punto de vista geológico-estructural, la ciudad de Villahermosa se localiza dentro de la provincia de las Cuencas del Sureste (Tabasco - Campeche), las cuales forman parte del sistema sedimentario del Golfo de México y limitan hacia el occidente con la Cuenca de Veracruz. Estas cuencas se desarrollan sobre el borde occidental de la Plataforma de Yucatán, un bloque cortical relativamente estable, de naturaleza predominantemente carbonatada, que ha condicionado la evolución estructural y sedimentaria regional.

La presencia de la Plataforma de Yucatán ha ejercido en parte un control importante en la geometría de la cuenca, favoreciendo procesos de subsidencia diferencial hacia el occidente, lo que permitió la acumulación de grandes espesores siliciclásticos en el área de Tabasco. Esta relación estructural explica el contraste entre el dominio carbonatado y rígido de Yucatán y el dominio sedimentario blando y altamente deformable que caracteriza la región de Villahermosa.

Durante el Neógeno y el Cuaternario se depositaron secuencias potentes de arenas, limos, arcillas y de manera subordinada gravas y conglomerados, las cuales contribuyeron a la expansión progresiva de la llanura costera hacia el Golfo de México. Estos depósitos se asocian principalmente a ambientes deltaicos, aluviales y pantanosos, favorecidos por condiciones de clima tropical húmedo, alta precipitación y una tectónica suave, lo que permitió la acumulación continua de sedimentos.



Figura 5 Carta Geológica de la República mexicana a escala 1:2,000,000

Fuente: Adaptado Servicio Geológico Mexicano (SGM) 2019

Los materiales cuaternarios, particularmente de edad pleistocena y holocena, cubren la mayor parte del territorio y controlan las características morfológicas e hidráulicas de la región, dando lugar a extensas planicies de inundación, suelos saturados y sistemas fluviales activos.

La configuración del subsuelo profundo está influenciada por estructuras geológicas heredadas de evolución regional del margen del Golfo de México y de la Plataforma de Yucatán, las cuales, aunque no siempre afloran en superficie condicionan la distribución de espesores sedimentarios y el marco estructural general de la zona.

A partir de la información existente, a continuación, se describen las principales unidades geológicas en el sector de estudio, mapeadas en escala 1:250,000 por el SGM. El detalle de las unidades geológicas a esta escala se presenta en la siguiente figura.

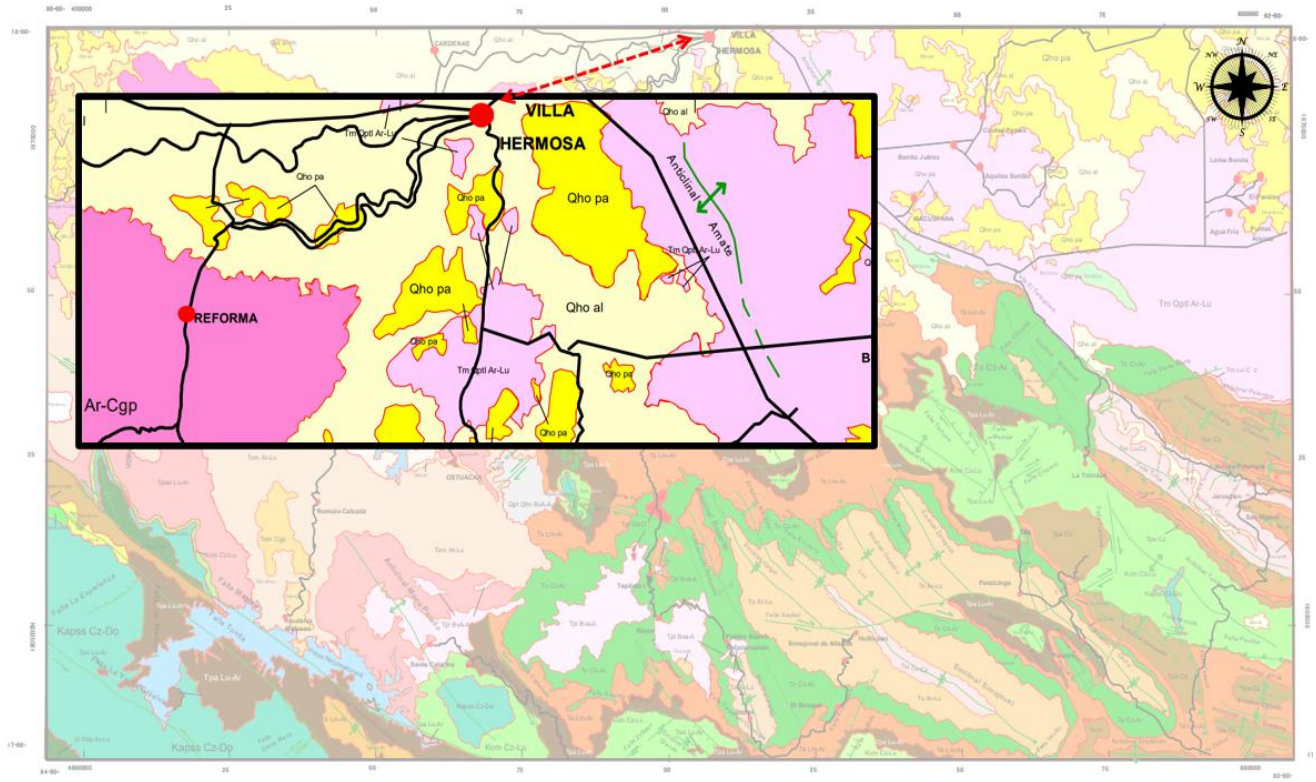


Figura 6 Unidades geológicas a escala 1:250,000 del SGM

Fuente: Adaptado de Carta Geológico-Minera Frontera E15-8 Estados de Veracruz, Tabasco, Chiapas y Oaxaca, Servicio Geológico Mexicano 2004

5.1.1 Estratigrafía

A continuación, y a partir de la memoria de la Carta Geológico-Minera Villahermosa E15-8, se describen las unidades de interés a lo largo del trazado del proyecto, correspondientes a aquellas que afloran dentro del área de influencia del mismo. Dichas unidades se encuentran enmarcadas principalmente en depósitos continentales de edad cuaternaria.

- **Arenas y limos (Qpt ar-lm)**

Consiste en depósitos de arenas y limos de color rojizo, ocasionalmente presentan lentes de grava sin consolidar, de clastos de rocas terrígenas y volcánicas de composición andesítica, la mayor parte de los componentes de estas arenas y limos pertenecen a partículas derivadas de la desintegración de la Formación Cedral.

- **Arenisca-Conglomerado Polimíctico (TmQpt Ar-Lu)**

Representa un episodio sedimentario más antiguo, correspondiente al intervalo Plioceno–Pleistoceno, cuando la región experimentaba condiciones fluviales más energéticas que las actuales.

Esta unidad está compuesta por areniscas ligeramente consolidadas y conglomerados polimícticos con clastos de diversas litologías, lo que indica transporte desde zonas internas como la Sierra de Chiapas y la existencia de sistemas de abanicos aluviales y ríos entrelazados capaces de mover sedimentos gruesos antes de que la planicie se estabilizara en su forma moderna. Estas rocas marcan una transición entre ambientes continentales activos y los ambientes pantanosos y deltaicos que dominarían posteriormente, constituyendo la base topográfica sobre la cual se asentaron los depósitos holocenos.

Esta unidad recubre concordantemente a la Formación Filisola (Tm Ar-Lu), la cual es la unidad más antigua presente en la zona, sin embargo, no presenta afloramientos en el área de influencia del proyecto.

- **Depósitos Aluviales (Qho al)**

Corresponde a los depósitos aluviales del Holoceno formados directamente por la acción de ríos activos y antiguos canales que redistribuyen gravas, arenas, limos y arcillas a lo largo de planicies inundables de baja pendiente. Se compone de materiales sueltos y no consolidados que reflejan la energía variable de los flujos fluviales actuales, generando barras, rellenos de cauce y extensas llanuras de inundación en constante transformación. Al ser depósitos muy recientes, su espesor, textura y grado de selección dependen de las variaciones hidrológicas propias del clima tropical húmedo, lo que explica su fertilidad agrícola pero también su susceptibilidad a inundaciones recurrentes y a deformaciones del terreno.

- **Depósitos Palustres (Qho pa)**

Esta unidad está asociada a ambientes palustres holocenos, formados en depresiones topográficas donde el drenaje es escaso y la saturación del suelo es prácticamente permanente. Estos depósitos están compuestos por limos finos, arcillas orgánicas e incluso turbas, acumuladas en ciénagas, pantanos y lagunas someras que caracterizan amplias áreas de la planicie costera. Su génesis está estrechamente vinculada al clima húmedo, al aporte constante de sedimentos finos y a la colmatación progresiva de cuerpos de agua.

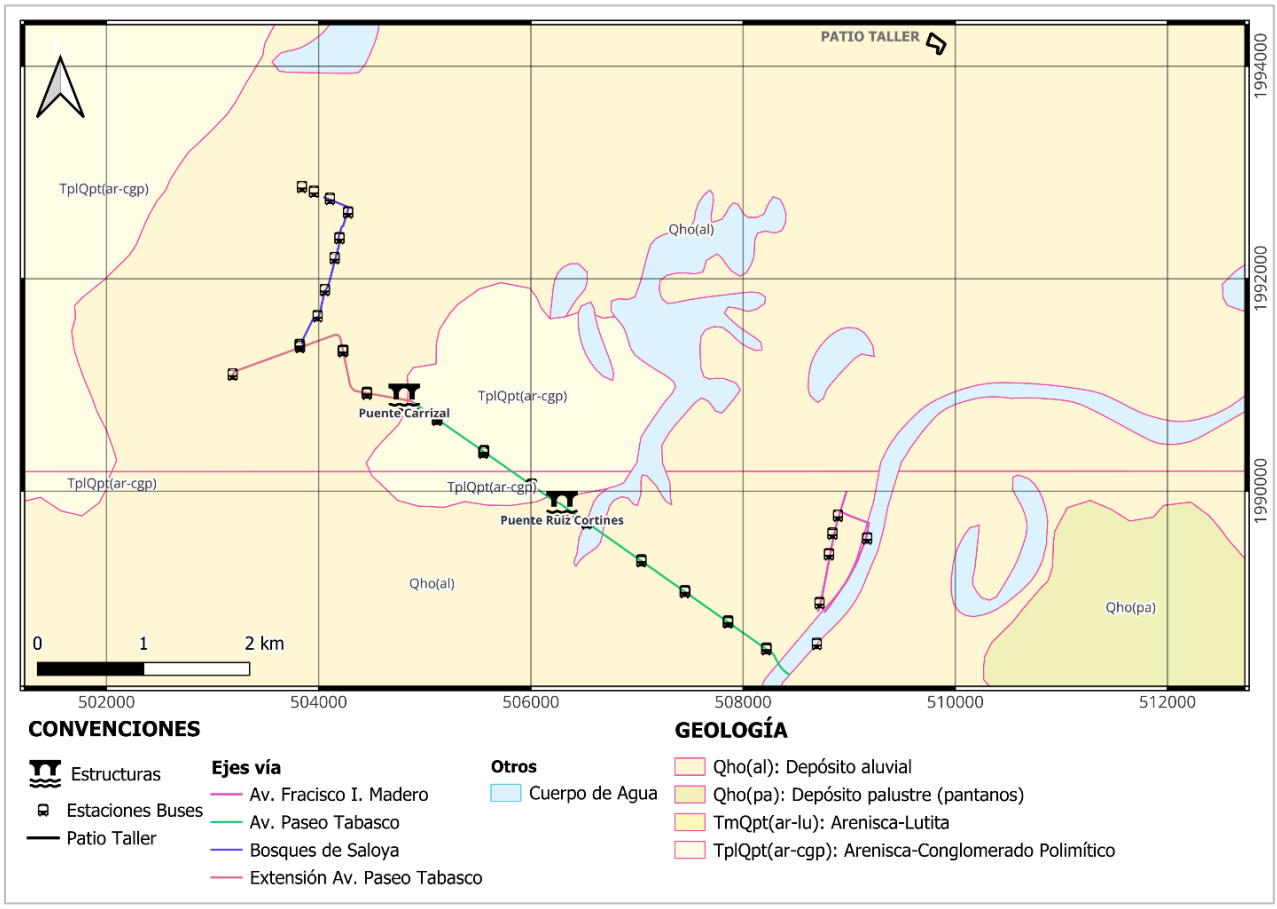


Figura 7 Geología regional en el área del proyecto

Fuente: Adaptado de Carta Geológico-Minera Frontera E15-5 Tabasco y Campeche, Servicio Geológico Mexicano

5.1.2 Geología Estructural

A nivel regional, la expresión superficial de fallamiento en Villahermosa es relativamente limitada debido al predominio de depósitos cuaternarios y al relieve plano característico de la Planicie Costera del Golfo de México. No obstante, la Carta Geológico-Minera Villahermosa E15-8 ubica a Villahermosa dentro de una región tectónicamente compleja perteneciente a las Cuencas del Sureste, un amplio sistema sedimentario desarrollado desde el Mesozoico y afectado en diversos procesos tectónicos que controlaron la configuración estructural regional.

La deformación estructural regional está representada principalmente por sistemas de pliegues y cabalgaduras con orientación preferencial noroeste–sureste (NW–SE), desarrollados principalmente hacia las zonas serranas del sur y sureste del área cartografiada. Estas estructuras están asociadas a los esfuerzos compresivos relacionados con la Orogenia Laramide y, posteriormente, con la

deformación tectónica de la Sierra de Chiapas. Entre las principales estructuras regionales identificadas en la Carta Geológico – Minera Villahermosa E15-8 destacan las cabalgaduras de Tapijulapa, Atantún, Paxilhá y Tulijá, así como anticlinales y sinclinales de extensión regional que controlan la geometría y distribución de las unidades sedimentarias profundas.

En el área específica de Villahermosa, la expresión estructural superficial es mucho más suave debido al predominio de depósitos cuaternarios recientes de origen aluvial, lacustre y palustre, los cuales cubren gran parte de las estructuras profundas. Como resultado, en superficie predominan terrenos prácticamente planos y de baja pendiente, asociados a la llanura aluvial del río Grijalva y el río Carrizal. Sin embargo, el subsuelo presenta variaciones laterales en espesor sedimentario y deformaciones suaves heredadas de eventos tectónicos regionales. Estas condiciones generan heterogeneidad estratigráfica y geométrica en profundidad, generando heterogeneidad estratigráfica y geométrica en profundidad.

5.1.3 Tectónica

El área de estudio se localiza dentro de una cuenca sedimentaria asociada al margen continental del Golfo de México, cuya evolución tectónica ha estado dominada principalmente por procesos de subsidencia progresiva y acumulación sedimentaria continua durante el Mesozoico. Esta dinámica favoreció el depósito de espesos paquetes de sedimentos fluviales y deltaicos que conforman gran parte del subsuelo regional, por lo tanto, en Villa hermosa predomina la compactación sedimentaria más que la deformación tectónica superficial activa. La influencia de los sistemas compresivos asociados a la Sierra de Chiapas disminuye hacia la llanura costera, donde la evolución en términos geomorfológicos está controlada principalmente por procesos sedimentarios y fluviales.

En la Figura 8, a partir de la información disponible en el mapa interactivo del Servicio Geológico Mexicano, se muestran a diferentes escalas los elementos estructurales alrededor de la zona de estudio en la cual, se ve esa disminución de los sistemas compresivos hacia la llanura costera.

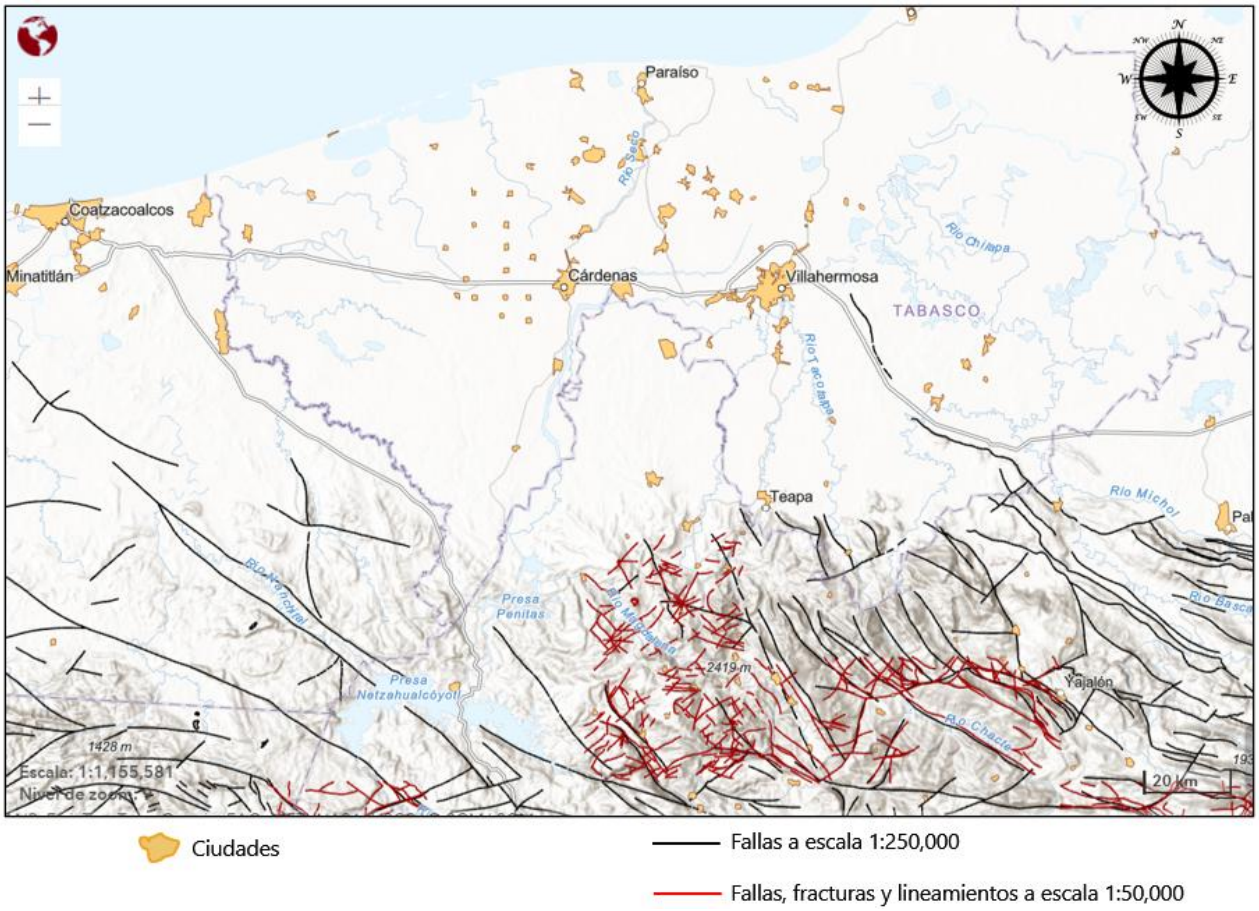


Figura 8 Tectónica del área de estudio

Fuente: Adaptado del Servicio Geológico Mexicano

5.1.4 Geomorfología

A nivel regional, y a partir de los paisajes geomorfológicos, el territorio del estado de Tabasco presenta una notable diversidad geomorfológica, integrada por tres grandes ambientes morfogenéticos, la primera es PCGS (Planicie Costera del Golfo Sur), que ocupa la mayor parte del territorio y se caracteriza por extensas planicies de acumulación fluvial y costera recientes; la segunda es la PY (Plataforma de Yucatán), asociada a relieves carbonatados de origen disolucional al oriente del estado; y por último, SCHG (Sierra de Chiapas y Guatemala), conformada por relieves estructurales plegados de mayor elevación en el sur y oriente. Adicionalmente, se tiene un conjunto de doce paisajes geomorfológicos. Los de mayor extensión corresponden a las terrazas costeras, las planicies palustres, las planicies fluviales activas y las planicies fluvio-deltaicas inactivas, todas ellas asociadas a la Planicie Costera del Golfo Sur.

Estos paisajes reflejan una dinámica dominante de procesos fluviales, palustres y costero-deltaicos

recientes, los cuales controlan la configuración del relieve actual. Las planicies de edad holocena se caracterizan por superficies de baja pendiente modeladas por la acción continua de ríos, inundaciones y procesos de acumulación, mientras que las terrazas costeras, lomeríos y zonas montañosas corresponden a relieves más antiguos y elevados, desarrollados sobre distintas litologías sedimentarias y volcánicas. En sectores de carácter kárstico, el relieve está condicionado principalmente por la disolución de rocas carbonatadas, con formas abruptas y pendientes marcadas que favorecen la erosión y una morfodinámica activa.

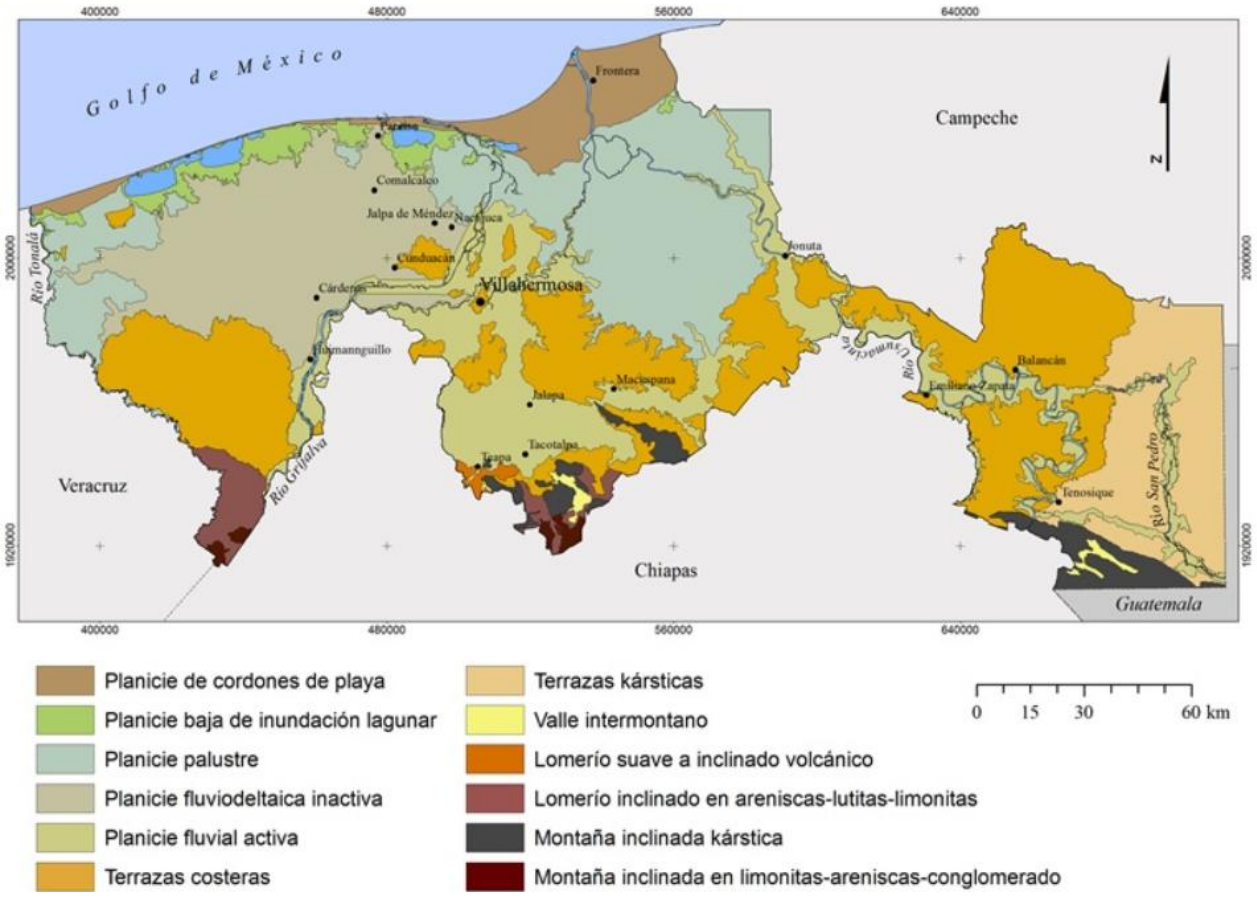


Figura 9 Geomorfología regional de Tabasco

Fuente: Zavala – Cruz et.al Geomorfología de Tabasco

Con base en el relieve del terreno y particularmente en el área del proyecto, de acuerdo con los datos del INEGI, el trazo transcurre sobre terrazas costeras adyacentes a planicies fluviales activas. En general la geomorfología del terreno puede dividirse en las unidades que fisiográficamente componen las planicies y las elevaciones. Entre las topoformas que componen las elevaciones se incluyen lomeríos, mesetas y sierras; los cuales están mayormente asociados a rocas volcánicas producto de derrames lávicos y piroclásticos, donde son comunes las estructuras volcánicas y algunos lomeríos están asociados a aluviones.

5.2 GEOLOGÍA DEL SITIO

El sitio específico del proyecto se ubica en una planicie aluvial activa cercana al cauce donde se implantará el puente. La topografía es prácticamente horizontal y los materiales superficiales corresponden a suelos finos recientes.

El subsuelo está conformado por una secuencia de suelos limo-arcillosos blandos en superficie, seguidos por arcillas de media a alta plasticidad con intercalaciones de limos y arenas finas. El nivel freático es somero y puede presentar variaciones estacionales importantes.

De acuerdo con la información geológica regional del Estado de Tabasco y con el contexto geomorfológico del río Carrizal, el área donde se proyecta el puente se localiza dentro de una planicie aluvial cuaternaria, caracterizada por la acumulación de sedimentos fluviales recientes asociados al sistema del bajo Grijalva. La estratigrafía local típica en el puente se describe a continuación:

Depósitos aluviales recientes (Q-al)

La unidad corresponde a depósitos aluviales recientes asociados a la dinámica fluvial de llanura de inundación y migración lateral de canales, conformados por una secuencia heterogénea de materiales fino granulares y granulares distribuidos de manera lateral y verticalmente variable.

Predominan lateralmente los materiales cohesivos correspondientes a limos arenosos, arcillas y arcillas arenosas (UG-1) de coloraciones café, gris, gris oscuro y localmente verdosas o rojizas, con plasticidad baja a alta y condiciones de humedad predominantes. Estos materiales presentan consistencias variables entre muy blandas y duras, observándose hacia superficie niveles más blandos, mientras que en profundidad aumentan la consistencia. Localmente se identifican tonalidades rojizas y verdosas asociadas a procesos de oxidación–reducción y variaciones en el drenaje del depósito.

Intercalados dentro de la matriz cohesiva se presentan lentes y horizontes discontinuos de materiales granulares (UG-2) constituidos por arenas limosas y arenas con limo de color café grisáceo a gris oscuro, con compacidad variable entre muy suelta y densa, predominando estados sueltos a medios. Estos cuerpos arenosos presentan geometría lenticular y continuidad lateral limitada, principalmente hacia el sector noroccidental del puente y en niveles intermedios de la secuencia estratigráfica, donde se interpreta un incremento local de la energía deposicional asociado a antiguos canales.

La disposición espacial de las unidades evidencia una alternancia típica de facies de llanura aluvial, con depósitos finos de desborde predominantes y cuerpos arenosos canalizados subordinados. Los niveles cohesivos representan sedimentación de baja energía en ambientes de inundación y decantación, mientras que los lentes arenosos corresponden a eventos episódicos de mayor energía hidráulica relacionados con migración de cauces, depósitos de canal y reactivaciones fluviales.

En conjunto, la secuencia se interpreta como un sistema aluvial reciente de energía variable, dominado por depósitos finos cohesivos con intercalaciones arenosas lenticulares subordinadas, desarrollado en un ambiente fluvial activo con procesos de inundación periódica y migración lateral

de canales.

5.3 HIDROGEOLOGÍA

La zona de estudio se caracteriza por una intensa interacción entre las aguas subterráneas someras y los principales sistemas fluviales, situación que está fuertemente condicionada por la elevada pluviosidad, la baja pendiente topográfica y la naturaleza predominantemente permeable de los materiales superficiales. Estas condiciones favorecen procesos de infiltración generalizada y un intercambio directo y continuo entre los cuerpos de agua superficial y el sistema acuífero somero.

La ciudad de Villahermosa se localiza dentro de la región hidrológica Grijalva-Usumacinta, una de las más relevantes de México en términos de extensión territorial y magnitud de caudales. El régimen hidrológico permanente de los ríos Grijalva, Carrizal y Usumacinta, en conjunto con la presencia de lagunas, zonas inundables y ambientes palustres, genera un escenario hidrológico altamente dinámico, que propicia una recarga difusa del acuífero, así como un intercambio bidireccional constante entre agua superficial y subterránea, particularmente durante periodos de crecida y estiaje.

Desde el punto de vista hidrogeológico regional, el subsuelo está constituido por una secuencia de sedimentos aluviales y fluvio-deltaicos de edad reciente, integrados principalmente por arenas, limos arenosos y arcillas, que conforman medios acuíferos someros de tipo libre, con alta conectividad hidráulica. En este contexto, el área urbana de Villahermosa se encuentra influenciada por el acuífero Samaria-Cunduacán.

Acuífero Samaria-Cunduacán

De acuerdo con la información reportada por la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA, 2024), el sistema hidrogeológico regional corresponde a un acuífero de tipo semiconfinado, desarrollado dentro de una secuencia predominantemente arcillo-arenosa, en la que se intercalan lentes discontinuos de arenas y gravas que constituyen los niveles acuíferos de mayor productividad. Al emplazarse en una planicie costera, el medio hidrogeológico es de carácter granular y poroso, presentando una marcada heterogeneidad hidráulica asociada a los cambios litológicos laterales y verticales, lo que se refleja en permeabilidades variables dentro del sistema.

La recarga subterránea del acuífero ocurre principalmente desde los sectores sur y suroeste, vinculada a los aportes provenientes de la Sierra de Chiapas, donde se generan gradientes hidráulicos favorables para el flujo regional. A partir de estas zonas de recarga, el flujo subterráneo presenta una dirección preferente hacia el norte y noroeste, concordante con las áreas de descarga regional, en las cuales las aguas subterráneas contribuyen a la alimentación del acuífero de Centla, reforzando la interconexión hidrogeológica entre los distintos sistemas acuíferos del área.

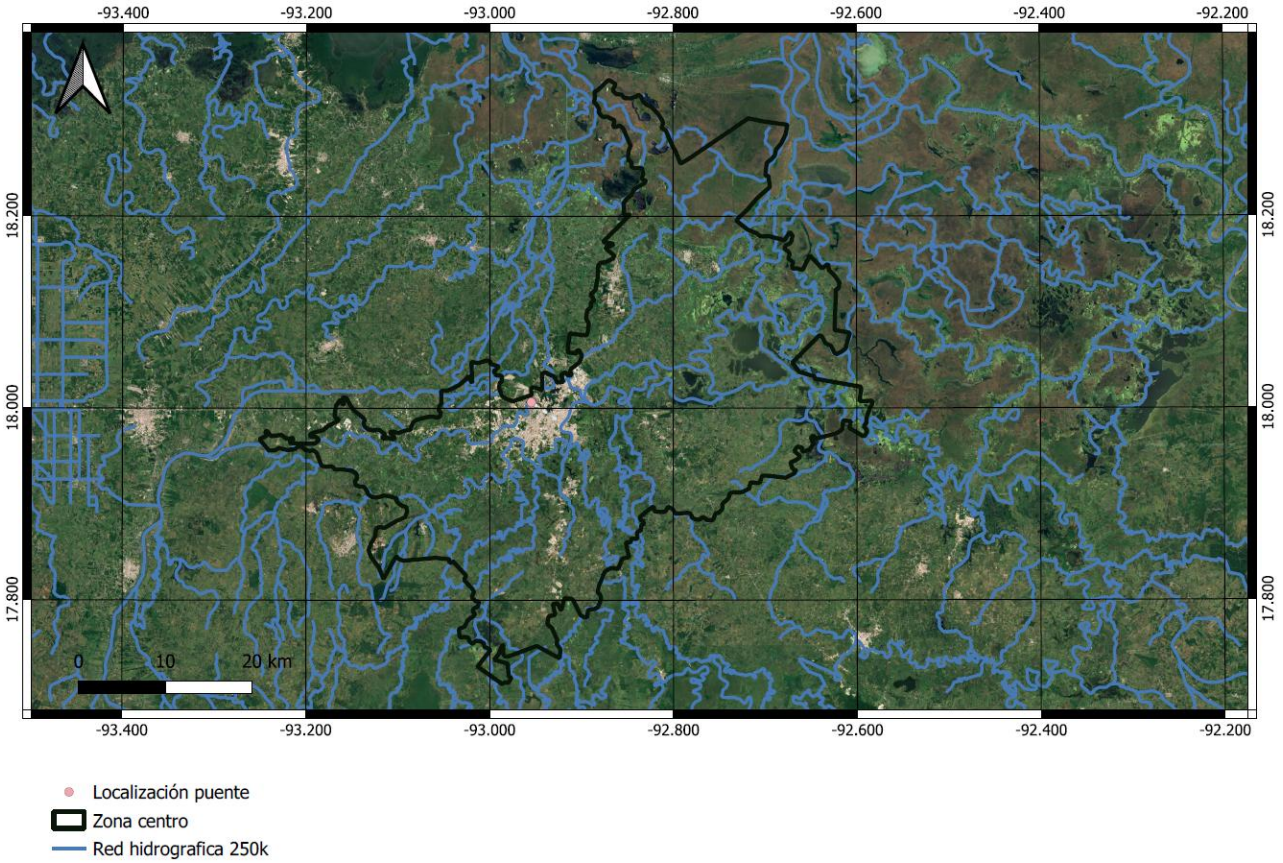


Figura 10 Red de drenajes zona Centro - Villahermosa

Fuente: Adaptado de (INEGI, 2006)

5.3.1 Nivel de Aguas Freáticas

En toda la secuencia estratigráfica descrita se presenta un nivel freático somero, generalmente ubicado dentro de los primeros metros del perfil, con fluctuaciones asociadas al régimen hidrológico del río Carrizal y a la temporada de lluvias. Esta condición es característica de la planicie aluvial donde se ubica Villahermosa y debe ser considerada en el diseño y construcción del puente.

6 Análisis de riesgo sísmico de geotecnia

El proyecto se localiza en una zona de sismicidad moderada. La presencia de suelos blandos puede inducir amplificación sísmica, por lo que el diseño considera criterios sísmicos acordes, manteniendo el riesgo en niveles aceptables.

6.1 SISMICIDAD

En el estado de Tabasco y particularmente Villahermosa se localizan en una zona de baja a moderada sismicidad dentro del Municipio de Centro, los movimientos sísmicos registrados en la región son generalmente de baja magnitud y frecuencia. A partir de información de (SMIE - Sociedad Mexicana Ingenieria Estructural) la actividad sísmica local es limitada, en la región pueden percibirse sismos originados en zonas tectónicamente activas en los estados de Chiapas, Oaxaca y Guerrero, asociados a interacciones entre las placas de Cocos, Caribe y Norteamérica.

En la siguiente figura se presenta el mapa de sismicidad histórica en el área de Villahermosa, Estado de Tabasco, en el cual se indica la distribución espacial de eventos sísmicos registrados en la región.

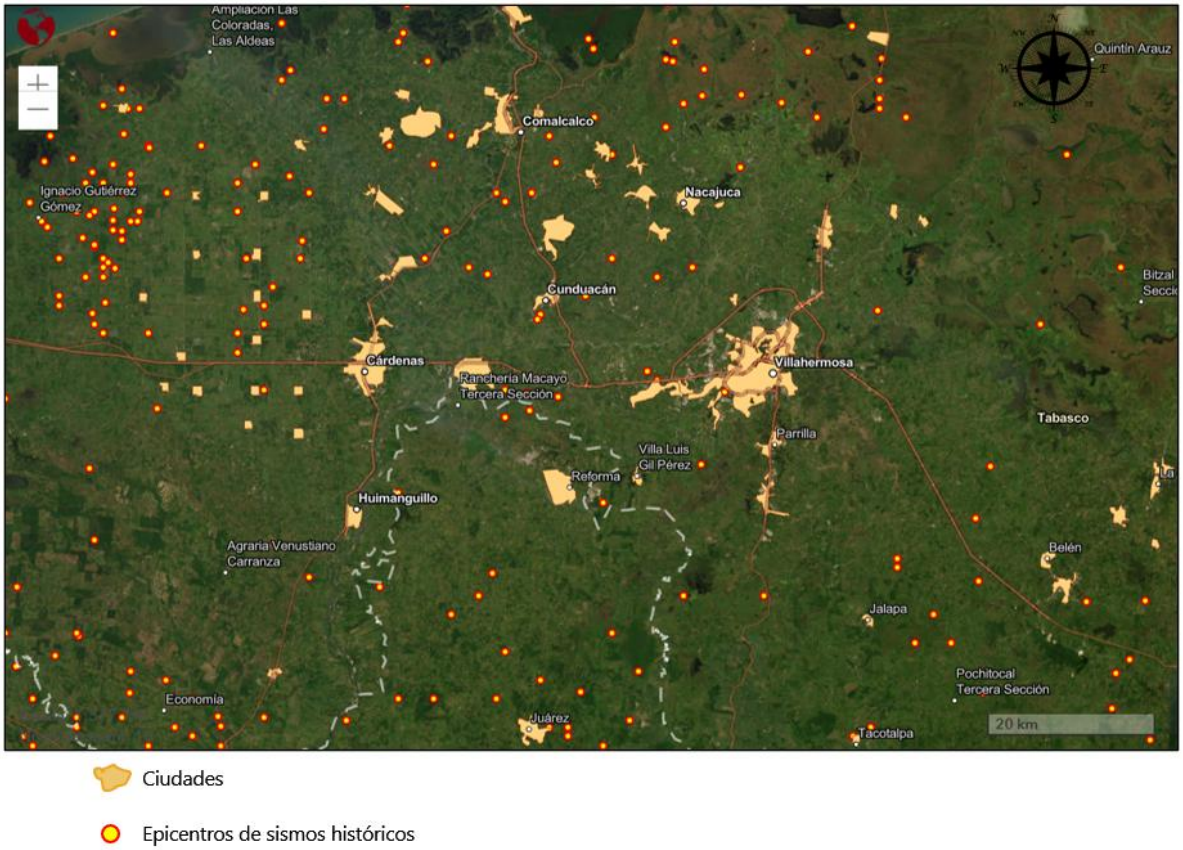


Figura 11 Sismos históricos con epicentro cercano a Villahermosa

Fuente: México. Universidad Nacional Autónoma de México, I. d. G., Servicio Sismológico Nacional. (2026). Catálogo de sismos. Extraído de http://www2.ssn.unam.mx:8080/catalogo/

De acuerdo con información del Servicio Sismológico Nacional, los eventos registrados en el entorno regional presentan magnitudes moderadas, generalmente del orden de 3.7 a 4.1, como se muestra en la siguiente figura.

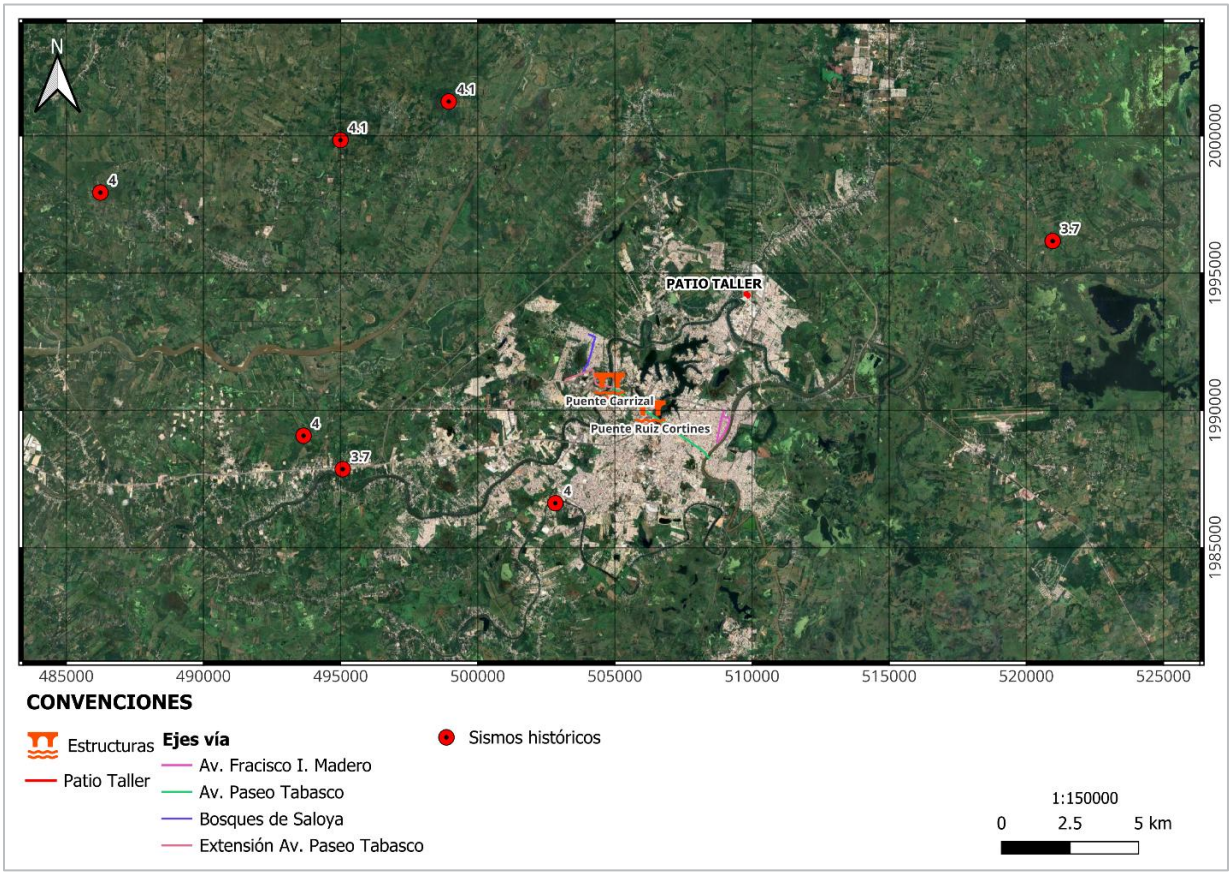


Figura 12 Sismos históricos con epicentro cercano al puente sobre el río carriazal

Fuente: México. Universidad Nacional Autónoma de México, I. d. G., Servicio Sismológico Nacional. (2026). Catálogo de sismos. Extraído de http://www2.ssn.unam.mx:8080/catalogo/

La distribución de los eventos sísmicos mostrados en la figura evidencia que la ciudad de Villahermosa se ubica en una zona de baja a moderada sismicidad, sin presencia de fallas geológicas activas superficiales asociadas directamente al área urbana donde se localiza el proyecto. En este contexto, la amenaza sísmica que puede afectar al Puente Carrizal está principalmente asociada a la influencia regional de eventos sísmicos lejanos, más que a fuentes sísmicas locales.

La figura también permite inferir que la respuesta sísmica del sitio estará condicionada principalmente por las características geotécnicas del subsuelo, dado que el área se encuentra emplazada sobre una planicie aluvial con depósitos recientes de suelos blandos. En consecuencia, los efectos sísmicos potenciales en el proyecto están relacionados con fenómenos de amplificación

sísmica local, lo cual debe ser considerado en el análisis de riesgo sísmico de geotecnia y en el diseño estructural del puente.

La información presentada en la figura constituye un insumo fundamental para la evaluación del riesgo sísmico desde el enfoque geotécnico, permitiendo contextualizar el nivel de amenaza sísmica regional y justificar la adopción de criterios de diseño acordes con la normativa aplicable y con las condiciones particulares del sitio del Puente Carrizal.

6.2 REGIONALIZACIÓN SÍSMICA

De acuerdo con la regionalización sísmica de la República Mexicana del Manual de Diseño de Obras Civiles en su capítulo C.1.3. diseño por sismo, la Ciudad de Villahermosa se encuentra localizada en la zona Sísmica C, como se indica en la siguiente figura. Por tal motivo, la aceleración máxima en roca (a_{or}) para el puente sobre el río Carrizal se encuentra en un rango de 100 a 200 cm/s^2, con una intensidad sísmica Alta, en la siguiente tabla se presenta para cada zona los valores de la aceleración máxima en roca y su relación con la intensidad sísmica.

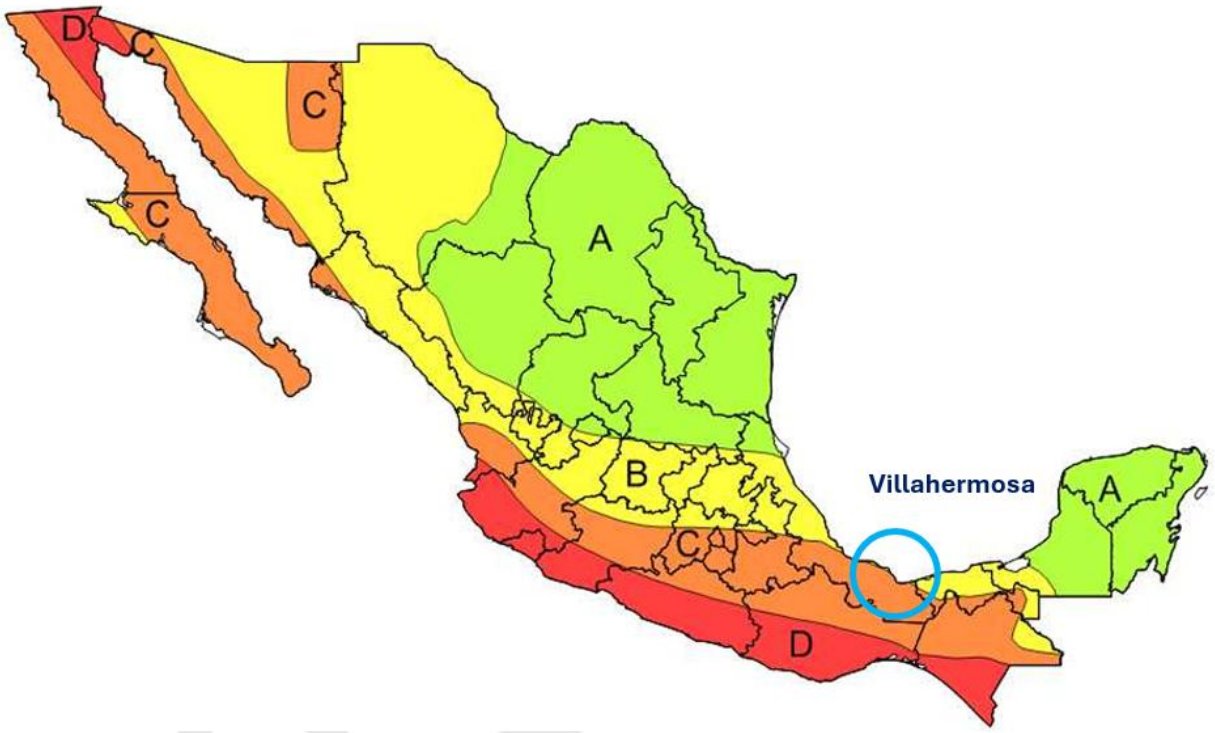


Figura 13 Regionalización sísmica de la República Mexicana.

Fuente: MDOC-2015, CFE.

Aceleración máxima en roca, a_0^r (cm/s²), correspondiente al nivel de referencia ER	Zona	Intensidad sísmica
$a_0^r \geq 200$	D	Muy Alta
$100 \leq a_0^r < 200$	C	Alta
$50 \leq a_0^r < 100$	B	Moderada
$a_0^r < 50$	A	Baja

Tabla 1 Valores de la aceleración máxima en roca por zonas.

Fuente: MDOC-2015, CFE.

Debido a que el movimiento del suelo en sitios de terreno blando es muy diferente del que ocurre en terreno firme a causa de la amplificación dinámica que sufren las ondas sísmicas al propagarse a través de medios deformables; el terreno de la cimentación se clasifica a partir de los parámetros Hs y Vs.

Donde Hs, es el espesor de suelo susceptible a amplificación dinámica y Vs, la propagación de ondas de corte.

De acuerdo con el manual el terreno se clasifica como:

TIPO I Terreno firme o rocoso en que no se presentan amplificaciones dinámicas: Depósito de suelo con VS ³ 720 m/s ó HS ≤ 2 m.

TIPO II Terreno formado por suelos en que se presentan amplificaciones dinámicas intermedias: Depósito de suelo con 360 m/s ≤ VS ≤ 720 m/s y HS > 2 m; ó HS > 30 m y VS < 720 m/s.

TIPO III Terreno formado por suelos en que se presentan grandes amplificaciones dinámicas: Depósito de suelo con VS < 360 m/s y 2 < HS < 30 m.

Considerando el sondeo más crítico, S03, con respecto a sus unidades geotécnicas y los golpes se obtiene el que terreno se clasificaría como tipo III.

7 Sondeos de Geología

En este numeral se recopila la información de perforaciones que se ejecutaron en el tramo de estudio, incluyendo sus coordenadas, cota, profundidad, nivel freático y ensayos in situ adicionales que hayan permitido obtener información para la caracterización de los materiales.

Para la etapa de exploración de campo se ejecutaron cinco (5) perforaciones para la caracterización específica del subsuelo aferente al Puente Carrizal, con el objetivo de identificar la estratigrafía particular, niveles freáticos y posterior caracterización de los materiales encontrados. Se tiene entonces las perforaciones S-01, S-02, S-03, S-04 y S-05, con profundidades aproximadas de 30m en todas las perforaciones. Estos sondeos se realizaron usando tanto muestreador Split Spoon como muestreador de tubo Shelby para obtención de muestras inalteradas. Donde fuera posible se realizó ensayo de penetración estándar (SPT).

En la siguiente figura se muestra la localización en planta de dichos sondeos. Las coordenadas, y la profundidad máxima alcanzada, además de la profundidad del nivel freático de cada uno de los sondeos se relacionan en la siguiente tabla.



Figura 14 Localización sondeos Puente Carrizal

Fuente: IDOM, 2026.

Perforación	Coordenada Este [m] *	Coordenada Norte [m]	Profundidad [m]	Nivel freático[m]
S-01	504626,00	1990907,00	30.0	2.85
S-02	504740,00	1990881,00	30.2	3.25
S-03	504844,00	1990856,00	30.8	No Detectado
S-04	504883,00	1990845,00	30.0	No Detectado
S-05	504957,00	1990794,00	30.1	1.80

Tabla 2 Resumen de la exploración de campo ejecutada

*Las coordenadas indicadas están en un sistema de coordenadas WGS84 UTM Zona 15N

Como se mencionó, durante la realización de las perforaciones exploratorias se realizó el ensayo de penetración estándar comúnmente conocido como SPT (Standard Penetración Test) hasta encontrar el rechazo. Este ensayo consiste en penetrar en el suelo un saca-muestras (Split Spoon) normalizado contando el número de golpes necesarios para hincar el mismo.

A partir del número de golpes se mide la resistencia a la penetración de la cuchara normal de muestreo (Split Spoon) y así estimarse las propiedades geomecánicas del suelo, además de obtener muestras representativas para fines de identificación y ejecución de ensayos en laboratorio. Su utilización no se ha limitado a suelos granulares, el ensayo también puede ejecutarse en arcillas y rocas suaves, teniendo presente las limitaciones de este. Éste se realiza de acuerdo con la Norma ASTM D-1586.

8 Pruebas de laboratorio de geología

En la caracterización geotécnica del subsuelo tras la ejecución de un programa de exploración, se seleccionan muestras representativas alteradas e inalteradas, con el objeto de realizar sobre ellas pruebas en el laboratorio que permitan la estimación de las propiedades físicas y geomecánicas de los suelos.

Se cuentan con resultados de laboratorio efectuados sobre los materiales recuperados de los sondeos. Los ensayos realizados sobre suelos corresponden a contenido de humedad natural, límites de Atterberg, granulometría por tamizado, gravedad específica, PH, contenido de cloruros y sulfatos, consolidación unidimensional, peso unitario, triaxial modalidad UU y expansión libre en probeta. Las cantidades de ensayos ejecutados sobre las muestras de perforaciones, calicatas y levantamientos se presentan a continuación en la tabla a continuación.

TIPO DE ENSAYO	CANTIDAD
Contenido de humedad natural	52
Límites de consistencia (Atterberg)	38
Granulometría por tamizado	53
PH	2
Cloruros y Sulfatos	2
Consolidación Unidimensional	9
Expansión libre en probeta	1
Gravedad especifica	18
Triaxial UU	10
Peso Unitario	19
TOTAL	204

Tabla 3 Ensayos de laboratorio realizados para la caracterización del subsuelo

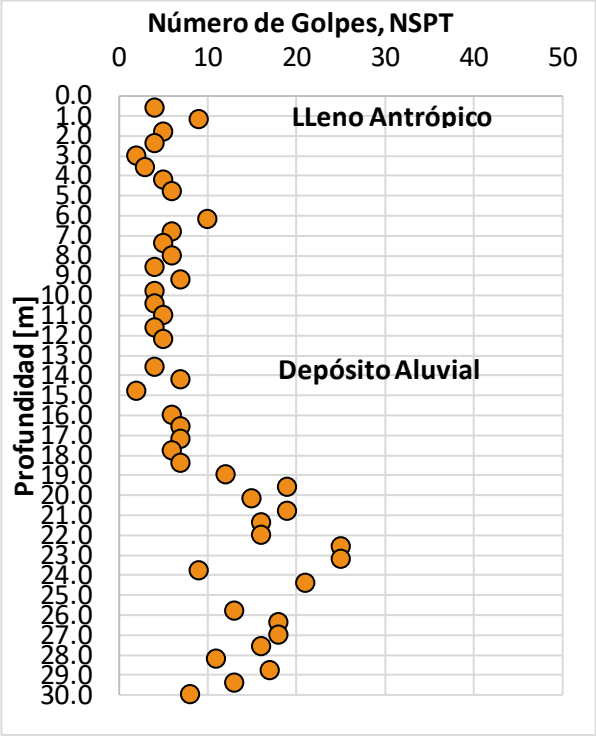
En la siguiente tabla se incluye un resumen de los resultados de laboratorio obtenidos. Así mismo, en la siguiente figura se presenta la variación del número de golpes con la profundidad.

Prospección (ID)	Prof. Inicio (m)	Prof. Final (m)	Estrato (Unidad Geotécnica)	GRANULOMETRÍA			Humedad Natural (%)	L. ATTERBERG (%)			CLASIFICACIÓN		ESTADO		
				Grava (%)	Arena (%)	Finos (%)		LL	LP	IP	S.U.C.S	AASHTO	Peso **específico** aparente -Gs-	Densidad seca kN/m3	Densidad húmeda kN/m3
S-01	1,2	1,8	UG-2B		34,5	65,5	36,3	NL	NP	NP	ML	A-4(0)			
S-01	4,8	5,6	UG-2B		42,4	57,6	28,2	NL	NP	NP	ML	A-4(0)	2,701	14,85	19,04
S-01	6,8	7,4	UG-2B		67,4	32,6	28,4	NL	NP	NP	SM	A-2-4(0)	2,819	13,14	16,87
S-01	9,8	10,4	UG-1A		3,7	96,3	44,4	45,0	24,0	21,0	CL	A-7-6(23)			
S-01	12,2	13,0	UG-1B	3,0	22,7	74,3	39,5	44,0	25,0	19,0	CL	A-7-6(14)	2,626	13,59	18,96
S-01	16,6	17,2	UG-1B		18,0	82,0	46,8	37	19	18,0	CL	A-6(14)			
S-01	19,6	20,2	UG-2C		65,8	34,2	152,8	NL	NP	NP	SM	A-2-4(0)			
S-01	24,4	25,2	UG-1C		0,7	99,3	33,2	53,0	20,0	33,0	CH	A-7-6(36)	2,718	13,69	18,23
S-01	28,8	29,4	UG-1C		10,0	90,0	32,5	58,0	23,0	35,0	CH	A-7-6(35)			
S-02	1,2	1,8	UG-2B	2,0	32,7	65,3	23,4	NL	NP	NP	ML	A-4(0)			
S-02	3,6	4,2	UG-2A		26,8	73,2	35,3	NL	NP	NP	ML	A-4(0)	2,651	12,60	17,05
S-02	6,0	6,6	UG-2C		88,0	12,0	19,7	NL	NP	NP	SM	A-2-4(0)			
S-02	9,0	9,6	UG-2C		80,4	19,6	21,3	NL	NP	NP	SM	A-2-4(0)	2,799	13,71	16,63
S-02	12,0	12,6	UG-2C	1,0	34,0	65,0	20,4	NL	NP	NP	ML	A-4(0)			
S-02	14,4	15,2	UG-2B		57,9	42,1	131,3	NL	NP	NP	SM	A-4(0)	2,300	6,03	13,94
S-02	18,2	18,8	UG-1B		5,7	94,3	29,3	42	19	23,0	CL	A-7-6(23)			
S-02	22,4	23,0	UG-1B		44,5	55,5	28,6	30,0	20,0	10,0	CL	A-4(3)			
S-02	26,0	26,5	UG-1D	1,0	28,6	70,4	23,5	37,0	18,0	19,0	CL	A-6(12)	2,623	16,38	20,23
S-02	27,8	28,4	UG-1D		0,0	100,0	27,0	86,0	15,0	71,0	CH	A-7-6(80)			
S-03	0,0	0,6	UG-1A	4,0	47,1	48,9	17,4	31	21	10,0	SC	A-4(2)			
S-03	3,0	3,6	UG-2B		56,0	44,0	31,2	NL	NP	NP	SM	A-4(0)			
S-03	4,8	5,4	UG-1B		38,4	61,6	43,1	33,0	18,0	15,0	CL	A-6(7)			
S-03	6,6	7,4	UG-1B		10,0	90,0	59,3	67	34	33,0	MH	A-7-5(36)	2,687	10,18	16,22

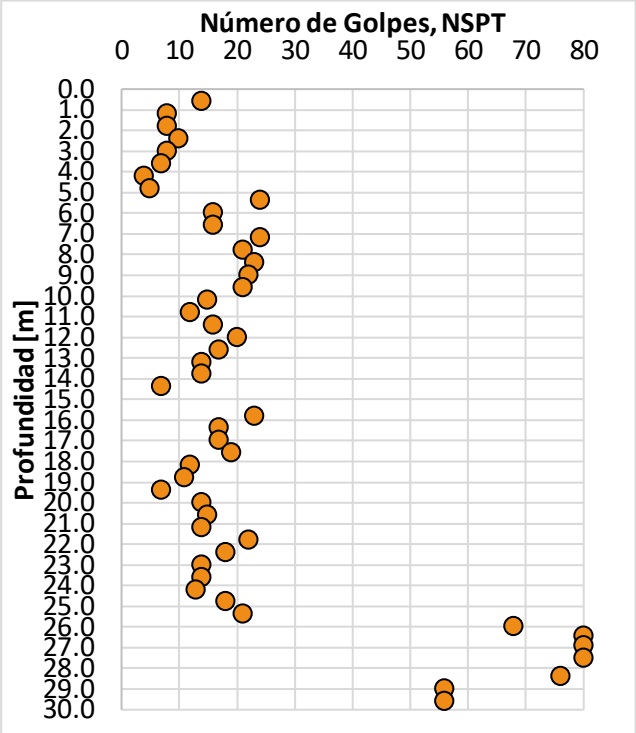
Prospección (ID)	Prof. Inicio (m)	Prof. Final (m)	Estrato (Unidad Geotécnica)	GRANULOMETRÍA			Humedad Natural (%)	L. ATTERBERG (%)			CLASIFICACIÓN		ESTADO		
				Grava (%)	Arena (%)	Finos (%)		LL	LP	IP	S.U.C.S	AASHTO	Peso **específico** aparente - Gs-	Densidad seca kN/m3	Densidad húmeda kN/m3
S-03	9,2	9,8	UG-1B		2,7	97,3	52,7	60,0	30,0	30,0	CH	A-7-5(35)			
S-03	13,4	14,2	UG-1B		12,2	87,8	36,7	33	14	19,0	CL	A-6(15)	2,540	12,76	17,45
S-03	16,0	16,6	UG-1B		18,3	81,7	66,6	62,0	30,0	32,0	CH	A-7-5(29)			
S-03	19,0	19,6	UG-1C	2,0	10,0	88,0	54,0	41,0	22,0	19,0	CL	A-7-6(17)			
S-03	24,0	24,8	UG-1C	1,0	21,7	77,3	43,1	38,0	23,0	15,0	CL	A-6(11)	2,607	11,32	16,19
S-03	27,2	27,8	UG-1C		14,1	85,9	30,3	36	14	22,0	CL	A-6(18)			
S-04	1,8	2,4	UG-1B	8,0	31,6	60,4	26,6	29,0	19,0	10,0	CL	A-4(4)			
S-04	4,8	5,4	UG-2B		63,4	36,6	32,4	NL	NP	NP	SM	A-4(0)	2,658	14,26	18,89
S-04	5,4	6,0	UG-2B		51,7	48,3		NL	NP	NP	SM	A-4(0)			
S-04	7,2	7,8	UG-1C		6,2	93,8	41,0	35,0	20,0	15,0	CL	A-6(14)			
S-04	10,8	11,4	UG-1B		14,5	85,5	35,8	30	13	17,0	CL	A-6(13)			
S-04	13,8	14,4	UG-1B		23,0	77,0	37,3	38,0	22,0	16,0	CL	A-6(12)	2,527	13,16	18,07
S-04	15,6	16,2	UG-1B		27,2	72,8	39,7	34	14	20,0	CL	A-6(12)	2,606	12,28	17,15
S-04	18,0	18,6	UG-1B		3,9	96,1	53,1	25,0	7,0	18,0	CL	A-6(14)			
S-04	20,4	21,0	UG-1B	6,0	36,7	57,3	239,1	45,0	18,0	27,0	CL	A-7-6(12)			
S-04	24,0	24,6	UG-2C		51,2	48,8	158,3	NL	NP	NP	SM	A-4(0)			
S-04	27,0	27,6	UG-1B		3,0	97,0	61,2	33,0	19,0	14,0	CL	A-6(14)	2,694	10,57	17,04
S-04	29,4	30,0	UG-1C	5,0	35,8	59,2	37,6	27,0	13,0	14,0	CL	A-6(5)			
S-05	1,8	2,4	UG-QAnt	1,0	86,3	12,7	15,6	NL	NP	NP	SM	A-2-4(0)		17,86	20,65
S-05	3,6	4,2	UG-1B		9,4	90,6	41,9	24,0	6,0	18,0	CL	A-6(13)			
S-05	6,0	6,5	UG-1C	1,0	3,6	95,4	34,3	38,0	9,0	29,0	CL	A-6(27)	2,876	14,01	18,82
S-05	8,9	9,5	UG-1B		2,7	97,3	51,9	40,0	8,0	32,0	CL	A-6(31)			
S-05	10,1	10,7	UG-1B		7,5	92,5	59,0	53,0	14,0	39,0	CH	A-7-6(38)			

Prospección (ID)	Prof. Inicio (m)	Prof. Final (m)	Estrato (Unidad Geotécnica)	GRANULOMETRÍA			Humedad Natural (%)	L. ATTERBERG (%)			CLASIFICACIÓN		ESTADO		
				Grava (%)	Arena (%)	Finos (%)		LL	LP	IP	S.U.C.S	AASHTO	Peso **específico** aparente -Gs-	Densidad seca kN/m3	Densidad húmeda kN/m3
S-05	12,5	13,5	UG-1B	2,0	25,6	72,4	45,8	34,0	25,0	9,0	ML	A-4(6)	2,661	11,66	16,99
S-05	15,9	16,5	UG-1B		5,3	94,7	55,2	30,0	15,0	15,0	CL	A-6(13)			
S-05	18,9	19,5	UG-1B		17,9	82,1	36,6	33,0	17,0	16,0	CL	A-6(16)			
S-05	20,7	21,7	UG-1B		4,3	95,7	67,3	62,0	16,0	46,0	CH	A-7-6(48)	2,647	8,66	14,49
S-05	22,3	22,9	UG-1D		22,4	77,6	49,0	57,0	22,0	35,0	CH	A-7-6(28)			
S-05	25,9	26,5	UG-1B		14,5	85,5	48,3	63,0	7,0	56,0	CH	A-7-6(48)			
S-05	28,3	28,9	UG-1C		47,6	52,4	0,0	71,0	30,0	41,0	CH	A-7-5(18)			
S-05	29,5	30,1	UG-1B		53,0	55,0	53,0	39,0	39,0	39,0	0,0	0,0	18,0	19,0	19,0

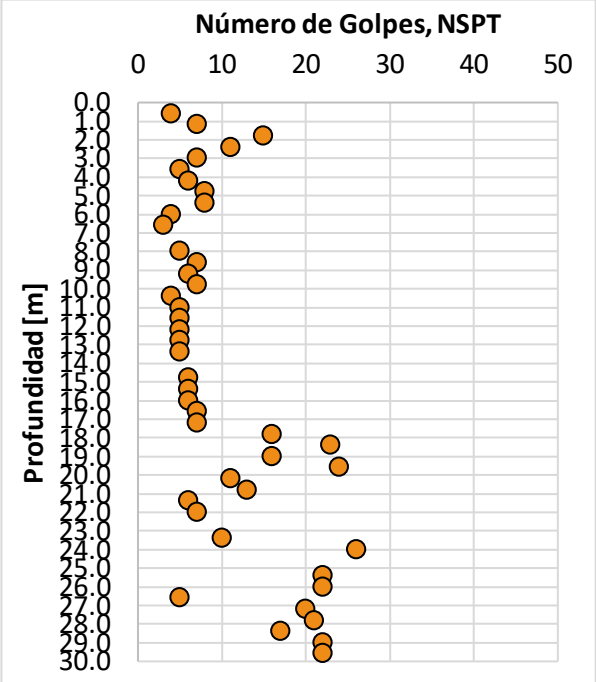
Tabla 4 Resumen ensayos de laboratorio realizados para la caracterización del subsuelo

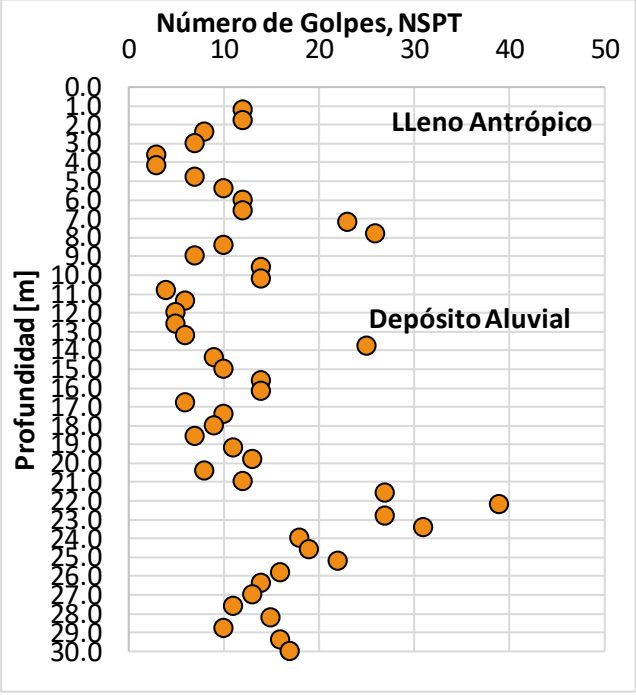

Número de Golpes, NSPT
0 10 20 30 40 50
Profundidad [m]
LLeno Antrópico
Depósito Aluvial

a) S-01

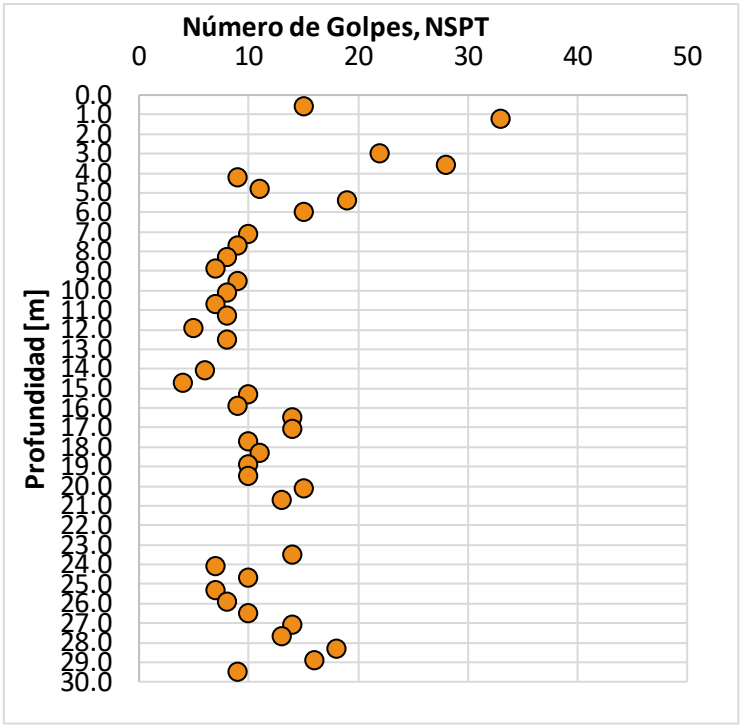

Número de Golpes, NSPT
0 10 20 30 40 50 60 70 80
Profundidad [m]

b) S-02


Número de Golpes, NSPT
0 10 20 30 40 50
Profundidad [m]


Número de Golpes, NSPT
0 10 20 30 40 50
Profundidad [m]
LLeno Antrópico
Depósito Aluvial

c) S-03 d) S-04



S-05

Figura 15 Variación del número del golpes del ensayo de penetracion estandar con la profundidad ización sondeos Puente Carrizal

Fuente: IDOM, 2026.

9 Geología de detalle

Teniendo en cuenta los resultados de los sondeos exploratorios realizados en el subsuelo y su posterior caracterización por parte de los especialistas en geología y geotecnia, se estableció un perfil estratigráfico compuesto por suelos transportados. Los suelos encontrados corresponden a depósitos aluviales en una secuencia heterogénea de materiales fino granulares y granulares distribuidos de manera lateral y verticalmente variable. Geotécnicamente este se dividió de acuerdo con su presuntas características físicas y respuesta geomecánica, considerando la granulometría, plasticidad y rigidez obtenido del ensayo SPT.

Así, si su respuesta geomecánica estará más influenciada por las condiciones de humedad, los límites de consistencia y el grado de consolidación se considera material cohesivo, y si su respuesta estará determinada por su compacidad relativa, compactación, densidad y tamaño de granos, se considera material granular. Con base en las características litológicas y la distribución espacial observada en los sondeos, geológicamente se subdividieron los depósitos aluviales en dos unidades geológicas principales (UG-1 y UG-2). Adicionalmente, desde el punto de vista geotécnico, la secuencia aluvial presenta una marcada heterogeneidad vertical y lateral, reflejada en variaciones de plasticidad, consistencia y compacidad entre las unidades identificadas. Por lo tanto, se distinguen 4 sub clasificaciones para cada material de acuerdo con su rigidez asociada a los resultados del número de golpes del ensayo SPT (A,B,C,D) donde los suelos menos rígidos son A y los más rígidos D, más adelante en este informe se especifican las condiciones de esta clasificación.

Con la integración de las perforaciones realizadas, estas se proyectaron sobre la línea del eje del trazado. A partir de los resultados de ensayos en campo y laboratorio, se elaboró un esquema del modelo geológico-geotécnico que define la continuidad lateral y vertical de los estratos. Se identifican estratos superficiales blandos con intercalaciones de materiales granulares.

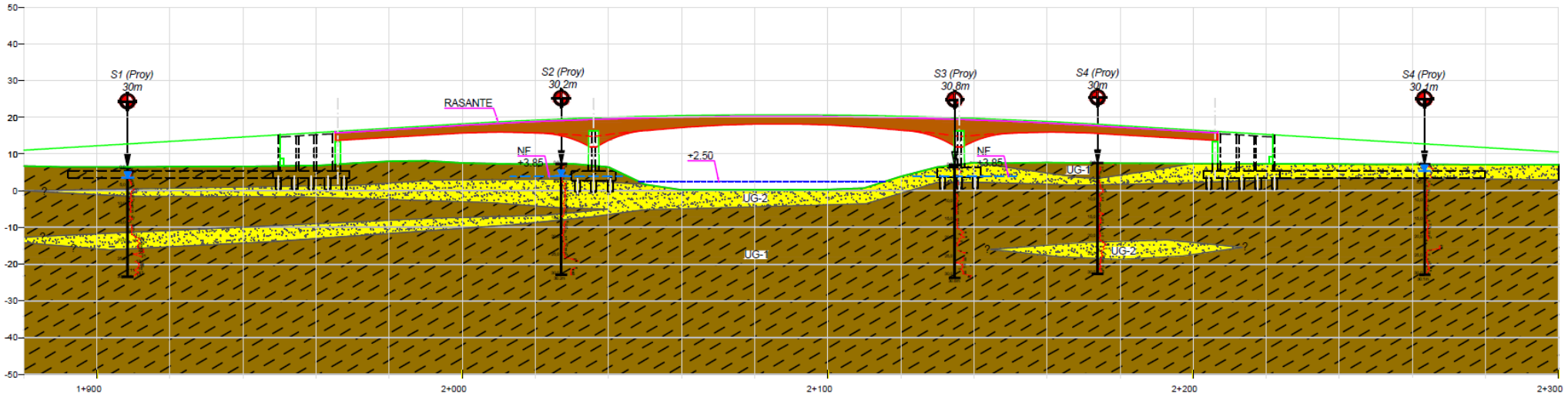


Figura 16 Esquema general del perfil geológico – geotécnico

Fuente: IDOM

10 Especificaciones de geología

Las unidades geológicas identificadas en el área de estudio se encuentran asociadas a depósitos cuaternarios de origen aluvial, lacustre y palustre desarrollados en la llanura del río Carrizal y el río Grijalva. Ambas unidades presentan heterogeneidad estratigráfica y variaciones laterales de espesor típicas de ambientes fluvio-lacustres reciente. En la zona, no se evidencia un control estructural superficial importante, aunque el subsuelo este asociado regionalmente a las Cuencas del Sureste.

Los suelos identificados en las perforaciones realizadas en el área de estudio han sido clasificados de acuerdo con su origen, características físicas y comportamiento geotécnico esperado, con el objetivo de establecer criterios claros para el diseño y la construcción del proyecto.

En términos generales, los estratos superficiales y aluviales blandos identificados en el sitio no son considerados como estratos portantes, debido a su baja resistencia mecánica y elevada compresibilidad. En consecuencia, las cargas estructurales deberán transmitirse a estratos más competentes mediante cimentaciones profundas.

Como se mencionó previamente. Considerando el comportamiento mecánico esperado del subsuelo de la zona de estudio detectado durante la campaña exploratoria, geotécnicamente se dividió los materiales encontrados en suelos cohesivos y granulares.

- **Suelos Cohesivos (UG-1):** Suelos fino granulares de media a alta plasticidad (IP>10) y aquellas gravas y a arenas con matriz arcillosa o limosa, con contenido de finos superior al 30%, índice de plasticidad mayor a 10% y límite líquido superior a 30%. Estos materiales tienen un comportamiento y respuesta geomecánica que estará más influenciada por el contenido de agua, consistencia y consolidación.

- **Suelos Granulares (UG-2):** Gravas y arenas limpias o con contenido de finos menor al 30%, con baja a nula plasticidad. Estos materiales a diferencia de los cohesivos tendrán un comportamiento y respuesta geomecánica influenciada principalmente por factores como la organización de los granos (compacidad y densidad relativa) y el confinamiento, que son características de suelos gruesos.

Adicionalmente se realizó una subdivisión considerando la gran variabilidad en la rigidez de los suelos detectados en los sondeos, esta clasificación se hace en función de los resultados del ensayo de penetración estándar (SPT) y divide a los suelos tanto granulares como cohesivos en cuatro categorías (A, B, C, D). Como se describió previamente usando el número de golpes (NSPT)

es posible tener una idea de la densidad y resistencia de los suelos y es ampliamente usado para correlacionar resistencia al corte no drenado y fricción efectiva.

- **UG-1A:** Suelos cohesivos, en general fino granulares (NSPT<5 golpes/pie), se trata de materiales de consistencia muy blanda a blanda de plasticidad entre media y ligera con contenido de finos promedio de 72.6%, límite líquido, plástico e índice de plasticidad promedio respectivamente de 38%, 22.5% y 15.5% respectivamente. Material detectado en los sondeos S1, S2 y S4 en forma de lentes de bajo espesor y a distintas profundidades, de muy baja resistencia al corte y no apta para el desplante de cimentaciones.

- **UG-1B:** Suelos cohesivos (NSPT entre 5 y 15 golpes/pie), se trata de materiales de consistencia media a firme de plasticidad media con contenido de finos promedio de 83%, límite líquido, plástico e índice de plasticidad promedio respectivamente de 41%, 18% y 12% respectivamente. Material detectado en todos los sondeos, se trata del manto de mayor presencia en todo el perfil de la zona de estudio, con presencia en distintas profundidades desde superficie hasta una profundidad máxima de 30m de bajas propiedades mecánicas y no apta para el desplante de cimentaciones.

- **UG-1C:** Suelos cohesivos, (NSPT entre 15 y 30 golpes/pie), de consistencia firme a muy firme con contenido de finos promedio de 82%, límite líquido, plástico e índice de plasticidad promedio de 44%, 19% y 25% respectivamente. Material detectado en todos los sondeos con espesores variables. Puede ser apta para el desplante de fundaciones, previo conocimiento de las cargas y otras condiciones de tipo y dimensiones de la cimentación.

- **UG-1D:** Suelos cohesivos, (NSPT mayor a 30 golpes/pie) de consistencia dura de plasticidad entre media y alta con contenido de finos promedio de 83%, límite líquido, plástico e índice de plasticidad promedio respectivamente de 60%, 18.3% y 41.7% respectivamente. Material detectado en los sondeos S2 y S3 al final de ambas perforaciones, en profundidades a partir de 25m y 30m de alta resistencia al corte, valores significativos de cohesión efectiva y apta para el desplante de cimentaciones.

- **UG-2A:** Suelos granulares, (NSPT<4 golpes/pie) de compacidad entre muy suelta y suelta, de baja a nula plasticidad principalmente caracterizados como limos de baja plasticidad (ML). Suelos de bajas propiedades mecánicas no aptos como suelo de fundación.

- **UG-2B:** Suelos granulares (NSPT entre 15 y 30 golpes/pie) de compacidad media, se trata se materiales areno limosos y limos de baja plasticidad, con contenido de finos promedio

de 49%, en ninguna de las muestras analizadas presentó plasticidad y se encuentra en estado semisólido a sólido, tienes propiedades mecánicas bajas, aunque de mayor magnitud que el estrato UG-2A, no apto para asumir cargas significativas por parte de cimentaciones.

- **UG-2C:** Suelos granulares (NSPT>30 golpes/pies) de compacidad densa, principalmente arenas limosas sin plasticidad con un contenido de finos promedio de 36%. Se encuentra en estado semisólido a sólido y fue detectado en los sondeos S-01, S-02 y S-04. De propiedades mecánicas ligeramente mejores respecto UG-2B.

Se presenta en la siguiente figura esquemas de las columnas estratigráficas a partir de cada uno de los cinco (5) sondeos ejecutados, considerando la discretización y caracterización de los materiales que se describió previamente.

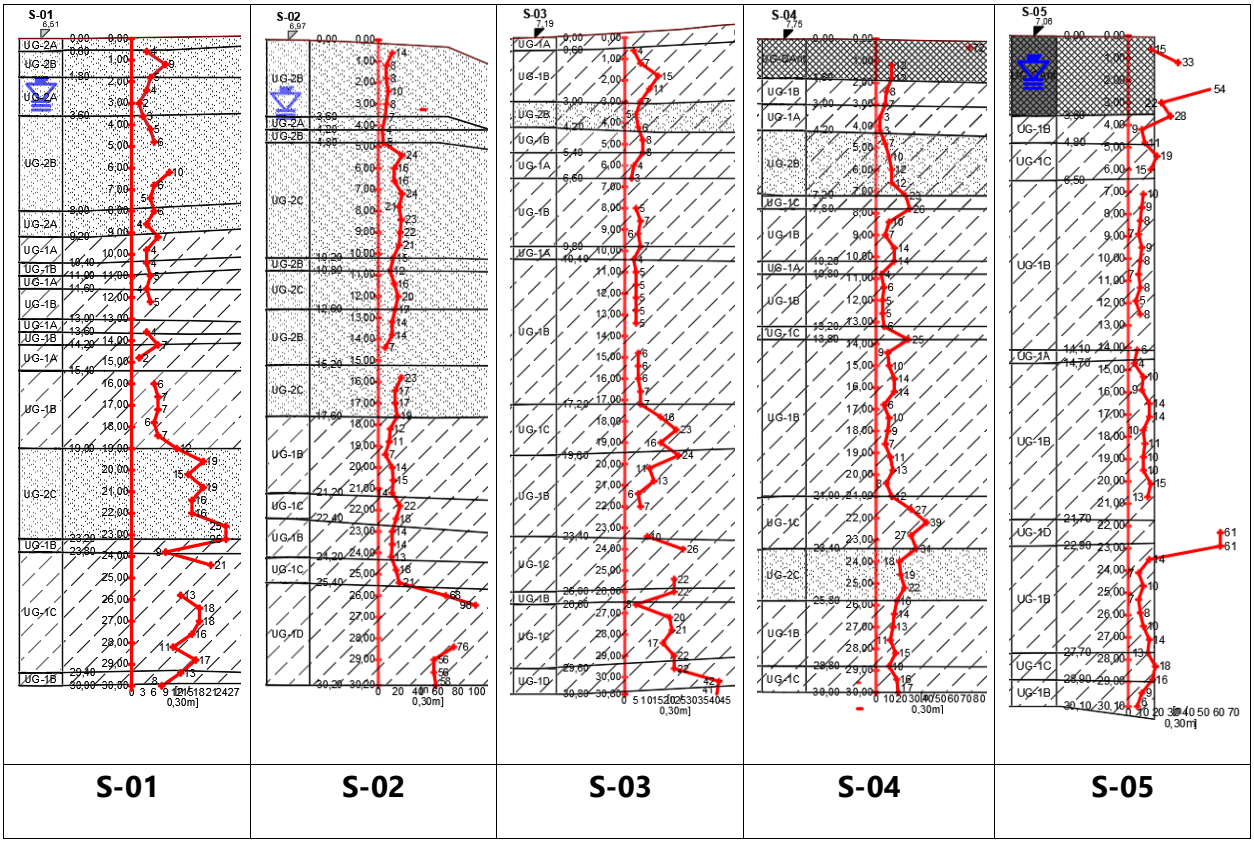


Figura 17 Columnas estratigráficas

Fuente: IDOM

En cuanto a las condiciones analizadas de acuerdo con las condicione encontradas en las perforaciones se establece que las

excavaciones deberán ejecutarse con especial atención al control del nivel freático, dada su presencia somera característica de la planicie aluvial del área. Asimismo, los rellenos que se requieran durante las distintas etapas constructivas deberán cumplir con las especificaciones de selección, colocación y compactación establecidas en el proyecto, garantizando su adecuado desempeño geotécnico. Desde el punto de

De acuerdo con la información obtenida, de los ensayos de penetración estándar, se han definido las siguientes características generales de los materiales.

- Profundidad aproximada: 0.0 a 5.0–20.0 m (variable). Nivel freático somero. Este estrato puede presentar una elevada susceptibilidad a asentamientos por consolidación, por lo que se considera un estrato crítico para el diseño de cimentaciones superficiales. En consecuencia, no se recomienda su utilización como estrato portante para cargas estructurales significativas como es el caso del puente.

- Profundidad aproximada: 20.0 a 25.0–40.0 m (variable). Incremento progresivo de la resistencia con la profundidad. Este estrato se considera como un estrato de transición, potencialmente apto para la transferencia parcial de cargas mediante cimentación profunda, dependiendo de la estructura.

- Profundidad aproximada: >25.0–50.0 m. Mejor comportamiento mecánico. Este estrato es que puede ser considerado como portante de acuerdo con las cargas transitidas por la estructura. Es decir, es adecuado para el apoyo de pilotes u otros elementos de cimentación profunda, permitiendo la transmisión de las cargas estructurales

11 Estudio geotecnico – estructural

En este numeral se establecerá de manera general los criterios de aceptación para ejecución de la fundación del puente sobre el río Carriza, lo anterior con base en la información geológica y geotécnica disponible para el sitio y en el comportamiento esperado de los suelos identificados.

11.1 RECOMENDACIÓN TALUDES DE CORTE

Considerando la cercanía al cauce, la presencia de materiales de baja compacidad/consistencia y un nivel freático somero, se recomienda limitar la profundidad de excavación, con el fin de reducir riesgos por inestabilidad de las laderas.

Para tal fin, se establece la necesidad de adoptar medidas de control y manejo de agua durante la excavación y ejecutar soluciones que minimicen la afectación del cauce (como un tablestacado paralelo al cauce). Así como evitar sobre excavaciones que puedan inducir socavación o pérdidas de confinamiento del terreno.

Con base en la información reportada en los numerales anteriores de los sondeos e interpretación geológico-geotécnica realizada, se realizaron las evaluaciones de estabilidad de los taludes de corte.

Los parámetros de resistencia para los estratos evidenciados en la zona en estudio se calcularon mediante correlaciones con el ensayo de penetración estándar (SPT) y los resultados de los ensayos de laboratorio. A partir del N de campo, se halló el valor del ángulo de fricción equivalente usando la correlación de Kishida. Las propiedades de resistencia de los materiales se incluyen en la siguiente tabla:

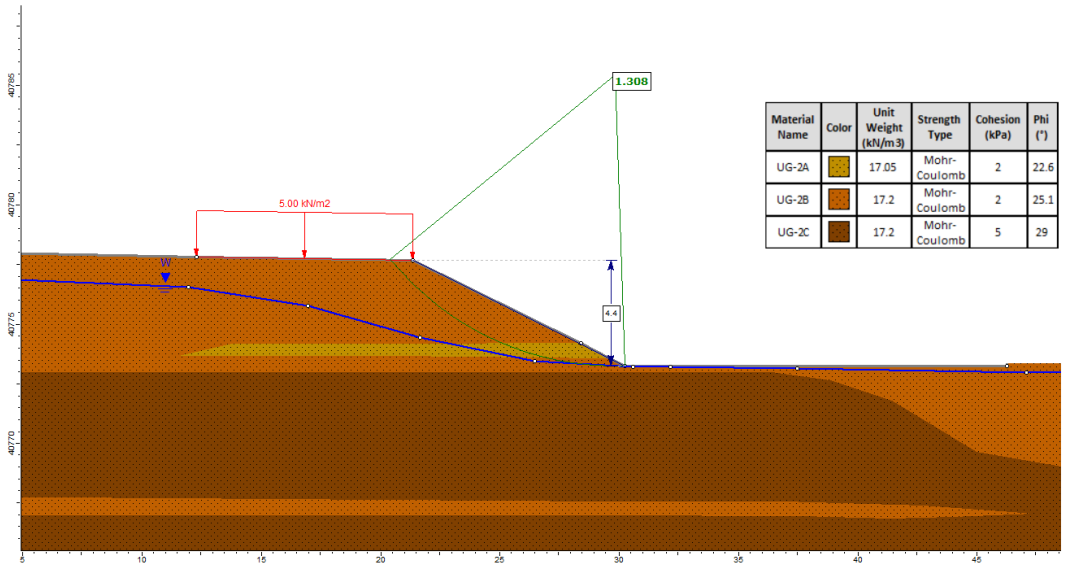
Unidad	γh	γsat	c'	ϕ '
	[kN/m^3]	[kN/m^3]	[kPa]	[°]
UG-2A	17.0	17.5	2.0	22.6
UG-2B	17.2	17.7	2.0	25.0
UG-2C	17.2	17.7	5.0	29.0

Tabla 5 Parámetros utilizados en las modelaciones geotécnicas.

A continuación, se presentan los resultados de los análisis de estabilidad en el talud de corte en la margen izquierda del cauce considerando los materiales descritos en la caracterización geotécnica y el perfil interpretativo que se generó a partir de dicha caracterización de acuerdo con lo reportado

tras las campañas exploratorias.

En la siguiente figura se muestra una imagen con los resultados del análisis correspondiente mediante la metodología de Morgenstern-Price. Se consideró una sobrecarga al lado de la excavación de 5kPa, el nivel freático se modeló considerando lo reportado en los ensayos de campo y la altura de la lámina de agua se tomó como la reportada actualmente.



Material Name	Color	Unit Weight (kN/m3)	Strength Type	Cohesion (kPa)	Phi (°)
UG-2A		17.05	Mohr-Coulomb	2	22.6
UG-2B		17.2	Mohr-Coulomb	2	25.1
UG-2C		17.2	Mohr-Coulomb	5	29

Figura 18 Resultados análisis de estabilidad

Fuente: IDOM

Los resultados de la modelación presentan un factor de seguridad de 1.3 considerando un corte de pendiente 2H:1V y se espera que, para pendientes menores, este factor aumente. Bajo estas condiciones, se puede afirmar que, con la información actual, se puede ejecutar la excavación para la construcción del encepado y cimentación del sistema de fundación siguiendo el proceso constructivo con corte en el talud de pendiente 2H:1V.

Este corte se realizará sobre todas las caras del encepado con excepción del borde colindante con la lámina del río, en el cual se realizará un tablestacado que soporte los empujes de tierra y presiones hidrostáticas generadas por la lámina de agua.

11.2 RECOMENDACIONES DE FUNDACIÓN

Dadas las características del subsuelo, presentadas en el numeral anterior, se recomienda el uso de cimentación profunda mediante pilotes, capaces de transferir las cargas estructurales a estratos competentes. Se recomienda preliminarmente usar como suelo de desplante los estratos UG-1D y UG-2C. Cabe mencionar que la profundidad de desplante puede variar de acuerdo con

consideraciones constructivas, reportes de socavación, cambios en la altura del encepado, cota de implantación de las cimentaciones, cambios en el alineamiento, entre otros factores.

11.3 CRITERIOS DE ACEPTACIÓN DEL COMPORTAMIENTO DE GEOTECNIA

Los criterios de aceptación del comportamiento geotécnico fueron establecidos con el objetivo de validar las condiciones y las soluciones constructivas adoptadas. Lo anterior con base en el comportamiento esperado de los suelos identificados y de acuerdo con lo establecido en los numerales anteriores.

- Las excavaciones se deberán ejecutar conforme a las pendientes establecidas en los numerales anteriores (2H:1V y vertical paralelo a la margen del río).
- El comportamiento del terreno en el costado del cauce, durante y después de la instalación del tablestacado, deberá tener un seguimiento continuo, sobre todo en épocas de lluvias, Buscando no intervenir en las condiciones actuales de la lámina de agua ni afectando el régimen.
- Las cimentaciones serán de tipo profundo hasta alcanzar un estrato competente.
- Durante la etapa constructiva deberá realizarse un seguimiento continuo del comportamiento del terreno y los niveles del cauce del río Carrizal.
- Las condiciones no previstas identificadas deberán ser analizadas con el fin implementar las medidas correctivas necesarias para garantizar el cumplimiento de los criterios de aceptación establecidos.

12 Análisis de constructividad geotécnica

En lo que sigue se desarrolla se presentan las condiciones geotécnicas establecidas en el análisis constructivo adoptado para la ejecución de excavaciones del proyecto del puente sobre el río Carrizal.

12.1 Excavaciones para el encepado

Para la construcción del encepado y fuera de la influencia directa del cauce y del nivel hidráulico del río Carrizal, se establece como criterio general la ejecución de excavaciones mediante taludes de corte con pendiente máxima 2H:1V. Este criterio es consistente con el comportamiento esperado de los suelos aluviales limoso-arcillosos predominantes en el área como se desarrolló en el numeral anterior.

Los taludes deberán ejecutarse de forma progresiva, implementando medidas provisionales de control de escurrimientos superficiales y protección frente al agua superficial proveniente de las lluvias que se presenten.

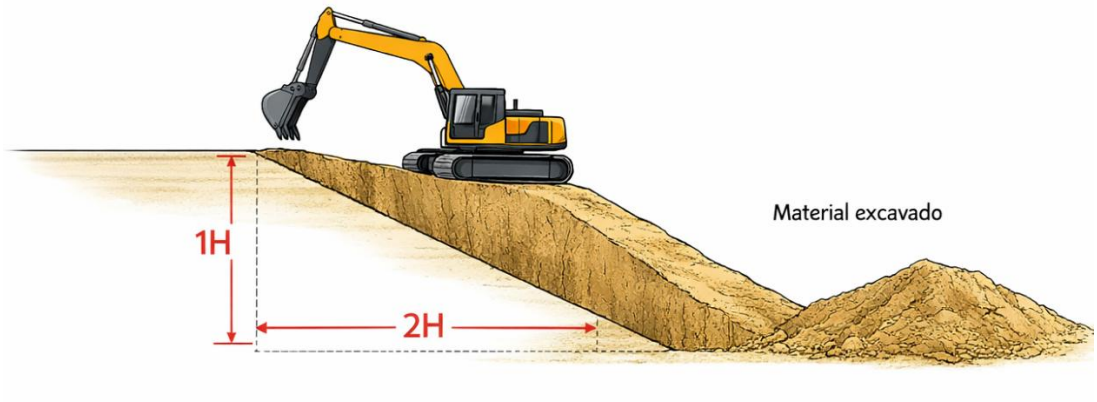


Figura 19 Esquema conceptual de excavación del encepado - talud 2H:1V

Fuente: IDOM

12.2 Excavaciones en margen del cauce – Sistema de tablestacado

En la margen del cauce del río Carrizal, donde se requieren efectuar una excavación vertical, la cual estará influenciada por el nivel freático y la carga hidráulica del cauce. Dado lo anterior, se adopta como criterio constructivo la utilización de un sistema continuo de tablestacado paralela a la margen del cauce.

El tablestacado actúa como sistema de contención lateral del terreno, permitiendo la excavación vertical controlada, reduciendo el riesgo de inestabilidad de las márgenes y minimizando la afectación directa al cauce durante la construcción.

La profundidad de hincado del tablestacado será lo suficiente para garantizar la estabilidad global del sistema, considerando empujes del terreno, presiones hidrostáticas y variaciones del nivel del río.

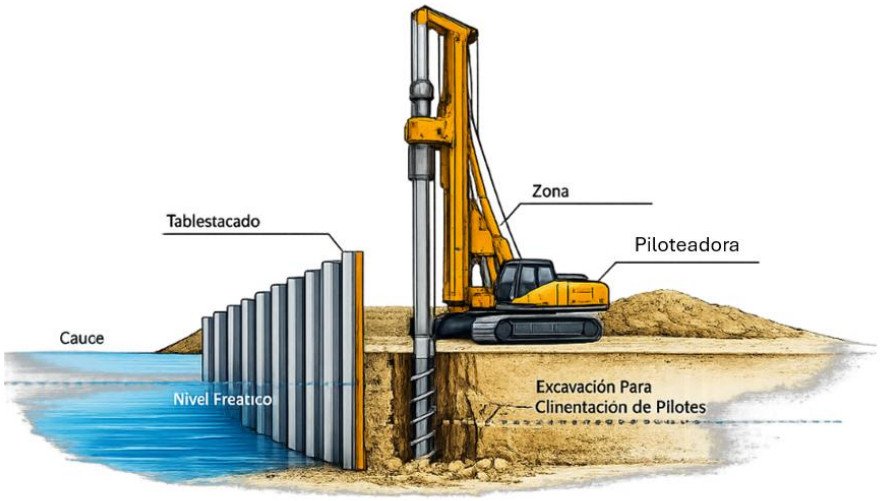


Figura 20 Esquema conceptual de tablestacado en margen del río para contención y excavación vertical.

Fuente: IDOM

12.3 PROCESO CONSTRUCTIVO RECOMENDADO

El proceso constructivo deberá desarrollarse de manera secuencial y controlada, iniciando con el desmonte del terreno en el costado opuesto al borde del cauce mediante taludes 2H:1V y continuando con la instalación del tablestacado en la margen del cauce.

La excavación contenida por tablestacado deberá ejecutarse por etapas, con control permanente del comportamiento del sistema y coordinación directa con la ejecución de las cimentaciones del puente.

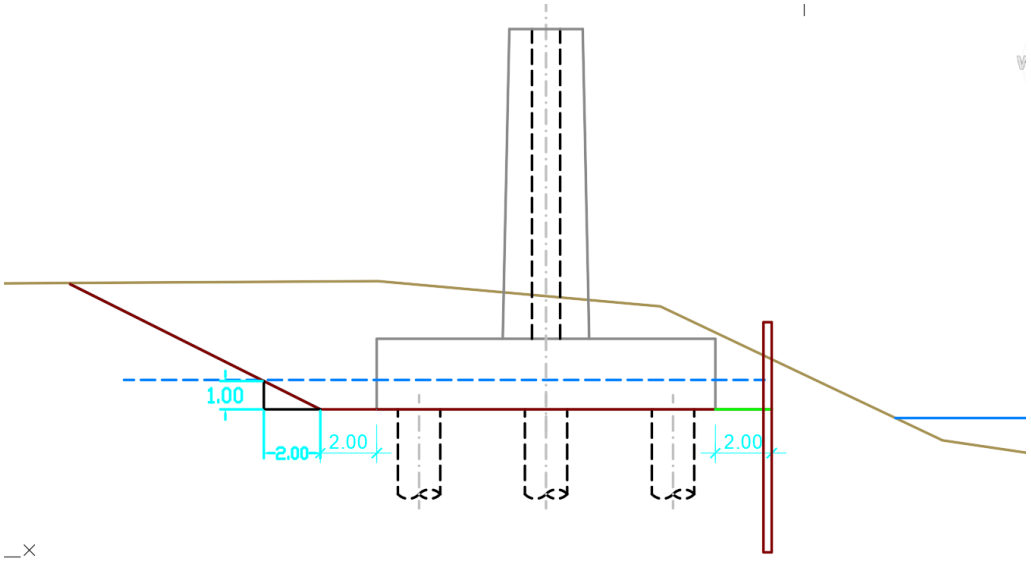


Figura 21 Condición final desmonte y tablestacado.

Fuente: IDOM

La solución que combina desmonte mediante taludes 2H:1V y tablestacado en la margen del cauce constituye un criterio geotécnico robusto y compatible con las condiciones del sitio, permitiendo garantizar la estabilidad de las excavaciones y la protección del cauce del río Carrizal.

Paisaje

Síntesis inicial

Árboles



Ayoyote
Thevetia thevetioides



Ceiba
Ceiba speciosa



Clavellín
Pseudobombax ellipticum



Copal
Bursera simaruba



Flamboyán
Delonix regia



Guayabo fresa
Psidium cattleianum



Guayacán amarillo
Handroanthus chrysanthus



Pata de vaca
Bauhinia variegata



Macuili
Tabebuia rosea

Arbustos y Herbáceas



Antorcha
Megaskepasma erythrochlamys



Avecilla
Heliconia psittacorum



Bigotillo
Caesalpinia pulcherríma



Pedilanthus
Pedilanthus tithymaloides

Arbustos y Herbáceas



Hemerocallis
Hemerocallis lilioasphodelus



Malvavisco
Malvaviscus arboreus



Lantana
Lantana camara



Lirio de playa
Crinum asiaticum



Lirio amarillo
Dietes bicolor



Muicle
Justicia spicigera



Platanillo
Canna indica



Plumbago
Plumbago auriculata



Ruelia
Ruelia simplex



Tarantana
Senna alata



Copa de oro
Allamandra cathartica



Santa rita
Petrea volubilis

Cubresuelos



Maguey morado
Tradescantia spathaceae



Niña en barco
Tradescantia purpurea



Wedelia
Wedelia trílibata

Síntesis inicial

Rango de alturas y su relación entre distintos tipo de vegetación

Árboles
h= 02.00m - 10.00m



Emplazamiento y módulos de plantación

El tamaño del modulo de plantación dependerá de las necesidades y caracteristicas del lugar, siempre respetando las medidas minimas de irculacipon peatonal.

Se recomienda que el modulo de plantación tenga una medida minima de 01.00m X 01.00m.Para la distancia entre módulos de plantación, se tomará en cuenta el tamaño del árbol y se podrán combinar con arbustos o cubresuelos, según las necesidades.

- Árboles chicos de 02.00 -04.00m a cada 04.00m mínimo.
- Árboles medianos de 03.00 -06.00m a cada 05.00m mínimo.
- Árboles grandes de 05.00 -07.00m a cada 08.00m mínimo.

Para evitar interferencias con la infraestructura existente, es necesario guardar distancia con los módulos de plantación de 2 a 8 metros, según el tipo de elemento.

- Distancia con cableado subterráneo 3 metros
- Distancia con esquina de calle 4 metros
- Distancia a luminaria 5 metros

Síntesis inicial

La propuesta de la selección vegetal para esta vialidad, tiene como objetivo integrar una paleta vegetal de especies nativas e introducidas, adaptada a la región y de climas tropicales para garantizar su adaptabilidad y supervivencia.
Para la selección de especies vegetales se consideraron los siguientes factores: clima, forma biológica, tipo de raíz (para evitar daños mecánicos en banquetas), y se contemplan especies vegetales con las que los habitantes de la ciudad se sientan identificados, ya que estas se encuentran reconocibles en toda la ciudad. En esta propuesta se busca mejorar la calidad de la imagen de la vialidad y en consecuencia de la ciudad, a través de criterios específicos para el tratamiento de camellones, glorietas, monumentos y estaciones de autobús.
Los criterios de diseño para las vialidades se dividieron en tres tipos, en los que se considera:

Zonificación de vialidades.

- **Tramo Tipo 1:** Arbolado en banquetas con cubre suelo y en camellón no se propone vegetación.

- **Tramo Tipo 2:** Arbolado en banquetas con cubre suelo y arbolado en camellón con vegetación baja.

- **Tramo Tipo 3:** Arbolado en banquetas con cubre suelo y arbolado en camellón con vegetación baja.

Nota: Cabe indicar que la propuesta de arbolado nuevo estará intercalada con el arbolado existente en estos.

Zonificación de monumentos y glorietas.

- **Tramo Tipo 2:** Arbolado en camellón con vegetación baja y enmarcamiento perimetral de monumento con vegetación baja diferente.

- **Tramo Tipo 3:** Arbolado perimetral en glorieta con césped en el resto de la superficie y camellón seccionado en intervalos de 10 mt. Con 4 especies vegetales diferentes.

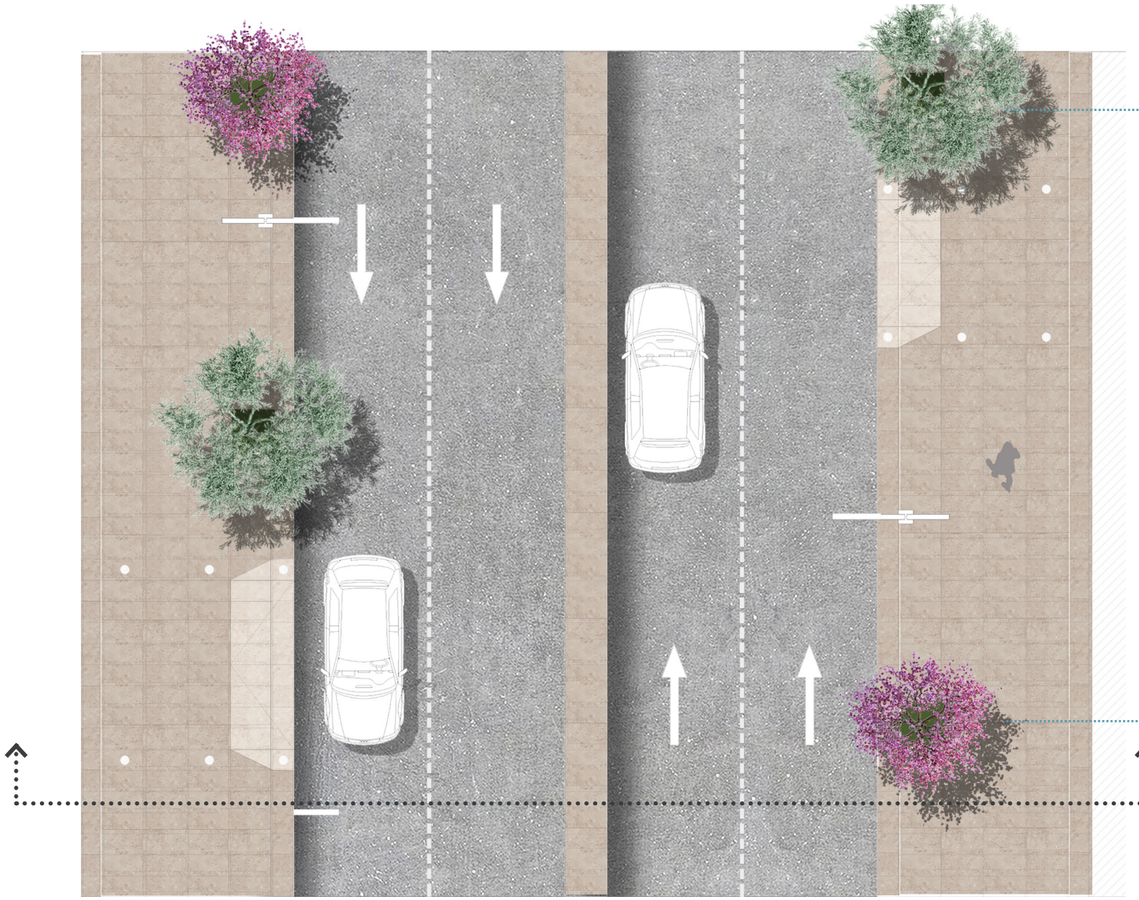
Zonificación de estaciones.

- **Tramo Tipo 1:** Arbolado en banquetas con vegetación baja y vegetación baja en jardineras interiores de la estación.

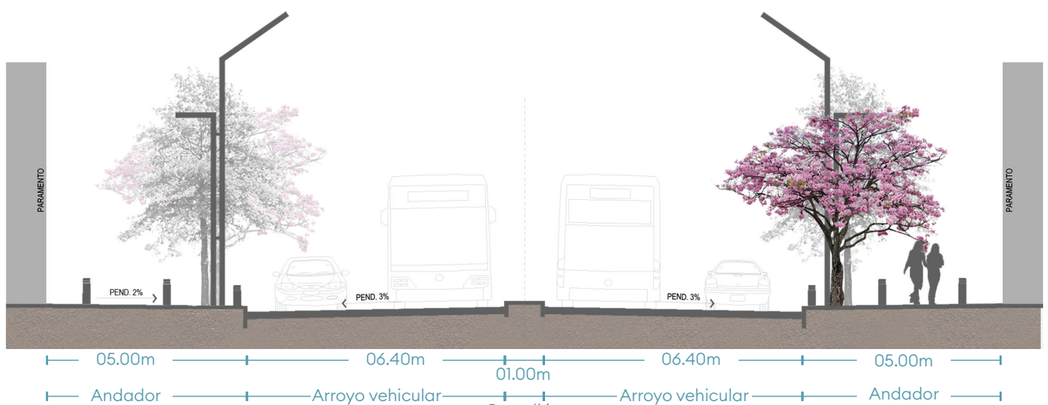
- **Tramo Tipo 2:** Sin Arbolado en banquetas y vegetación baja en jardineras interiores de la estación.

Esta propuesta de diseño y selección vegetal busca mejorar la imagen visual de la vialidad, se esta promoviendo la plantación de especies arbóreas nativas que refuerzan la identidad de la localidad, aunado al mejoramiento ambiental, disminuyendo la isla de calor a través del arbolado y vegetación de camellones, banquetas y áreas verdes residuales. La selección de las especies bajas se consideró de atractivo floral y como atrayente de polinizadores, que ayudan al mejoramiento medioambiental de la ciudad.

Banquetas y camellones
Tramo 3



Planta tipo



Sección tipo



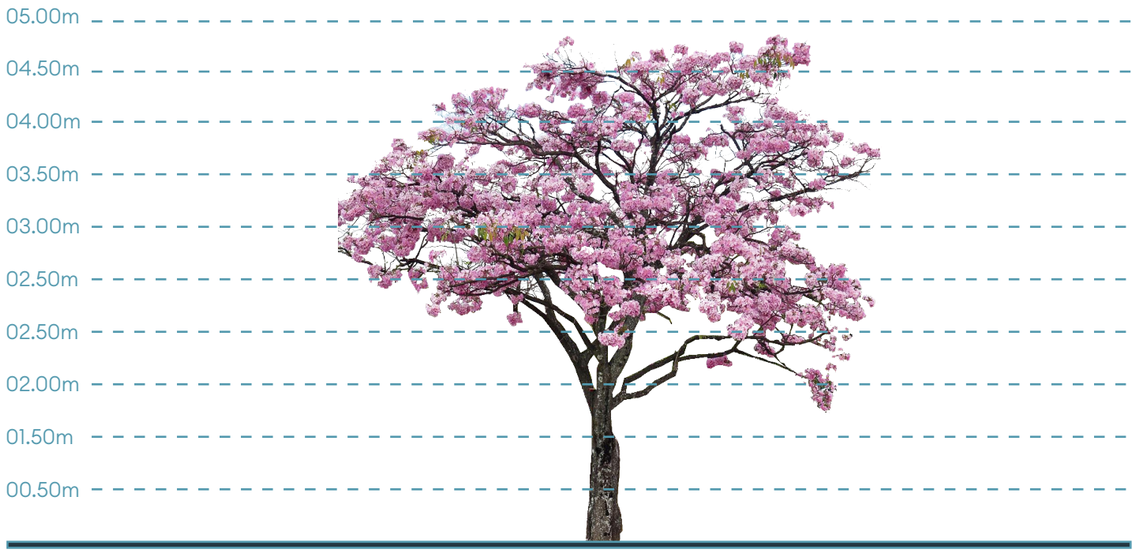
Localización
Tramo 3

Alturas de vegetación y módulo de plantación

Tramo 3

Árboles

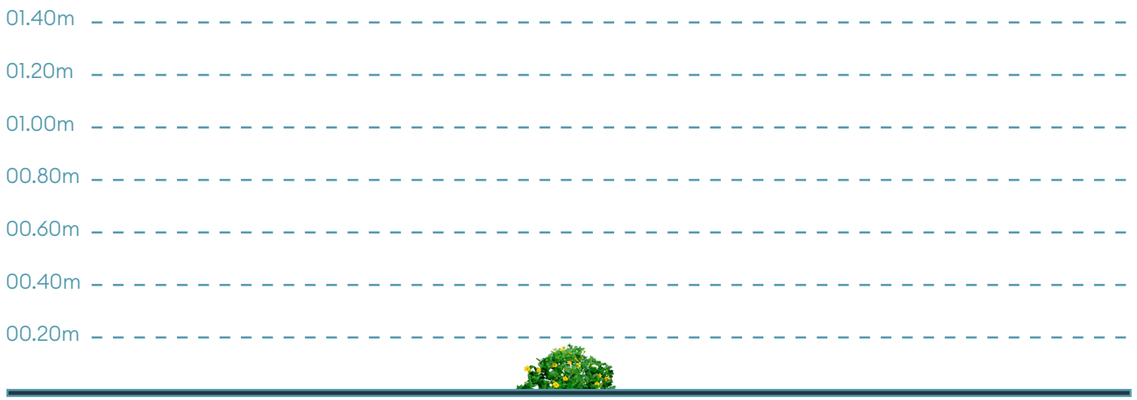
Altura maxima



MACUILI
Tabebuia rosea

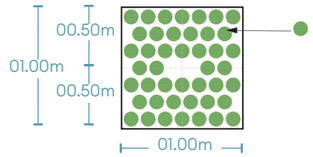
Arbustos y Herbáceas

Altura maxima

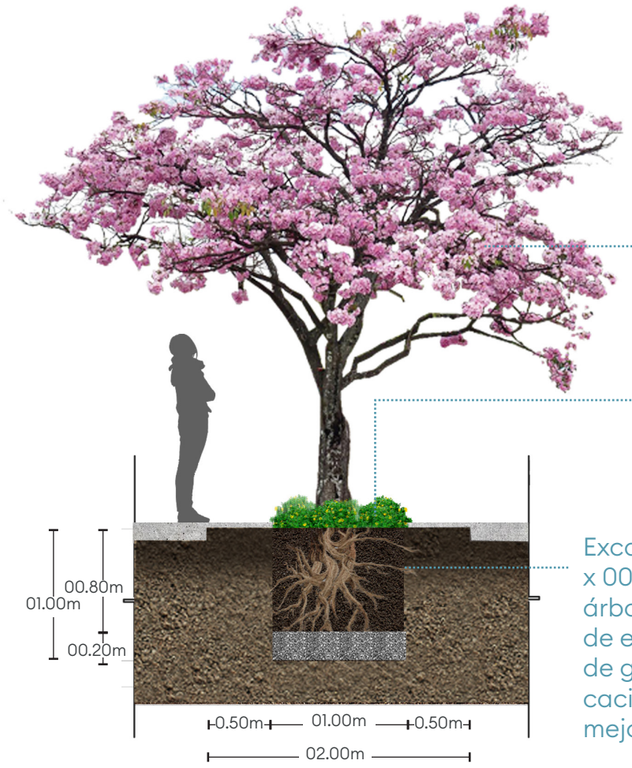


WEDELIA
Wedelia trilobata

Vegetación en andador



WEDELIA *Wedelia trilobata*
11 pzas en reticula de 0.50m.
Total 44 pzas.



MACUILI
Tabebuia rosea

WEDELIA
Wedelia trilobata

Excavación de cepa de 01.00 x 001.00m para plantación de árbolado. Con cama de 0.20m de espesor de grava con división de geotextil para posterior colocación de cama de 0.80 de tierra mejorada.

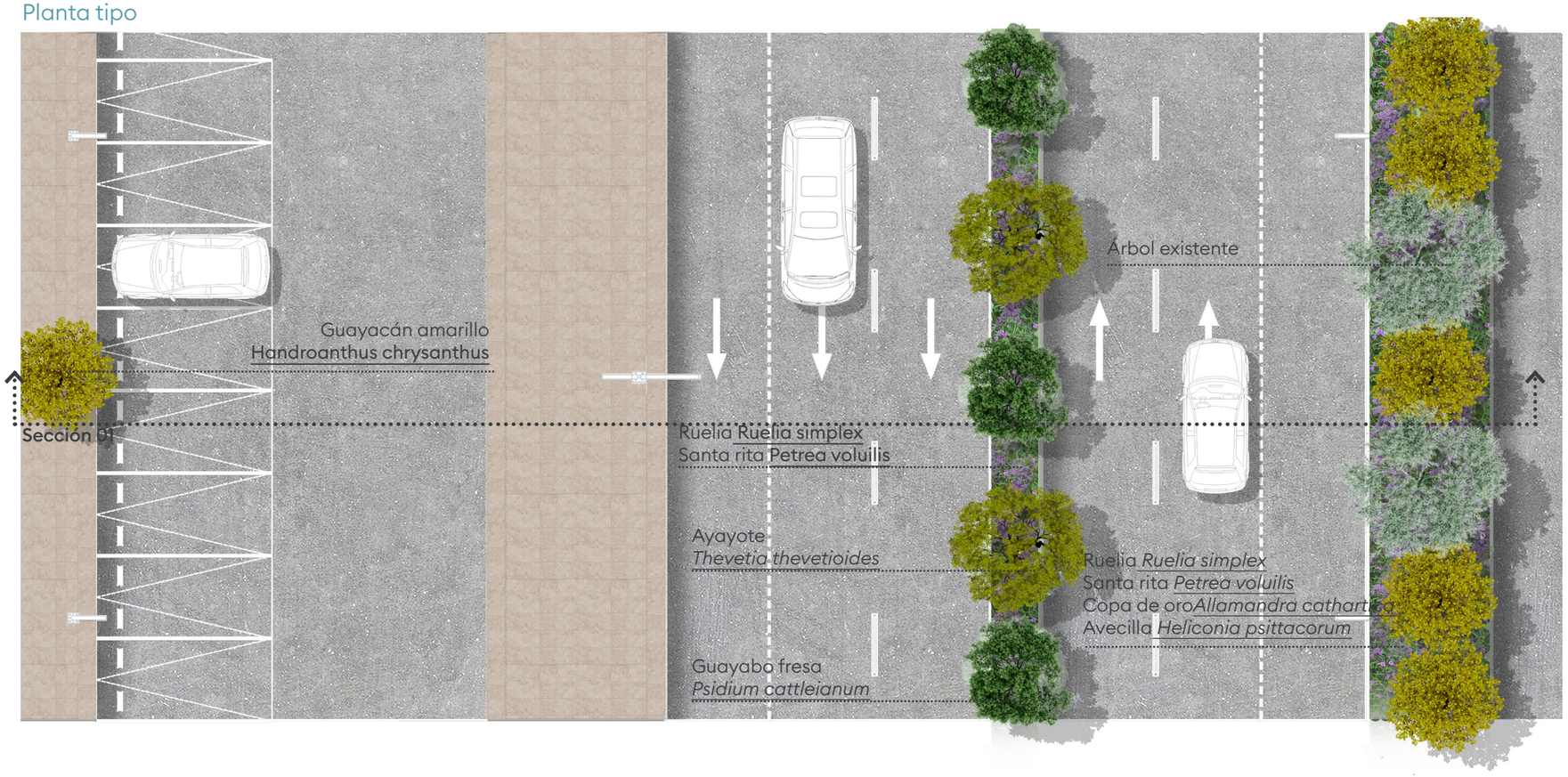
Banquetas

Tramo 2

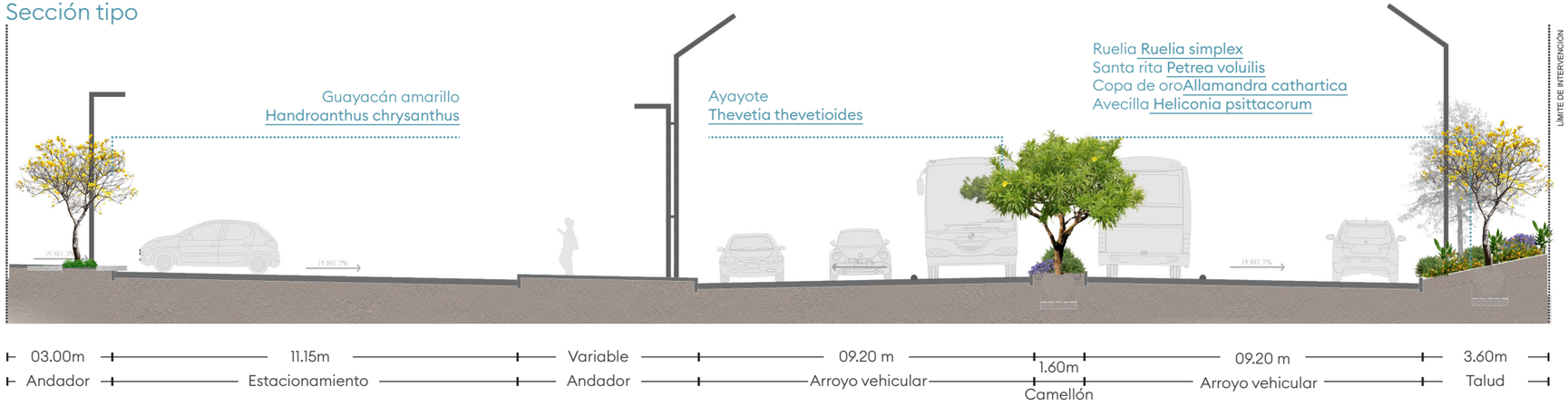


Localización
Tramo 02

Planta tipo



Sección tipo



Alturas de vegetación

Tramo 2

Árboles



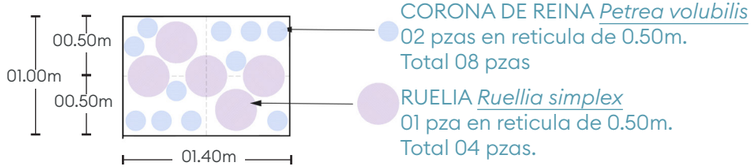
Arbustos y Herbáceas



Módulos de plantación

Tramo 2

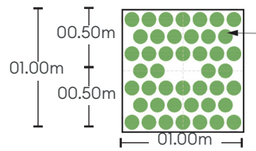
Vegetación en Camellón



CORONA DE REINA *Petrea volubilis*
02 pzas en reticula de 0.50m.
Total 08 pzas

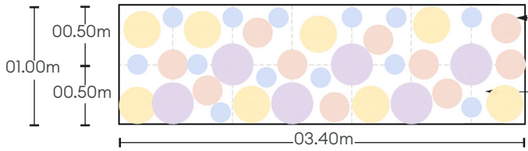
RUELIA *Ruellia simplex*
01 pza en reticula de 0.50m.
Total 04 pzas.

Vegetación en andador



WEDELIA *Wedelia trilobata*
11 pzas en reticula de 0.50m.
Total 44 pzas.

Vegetación en talud

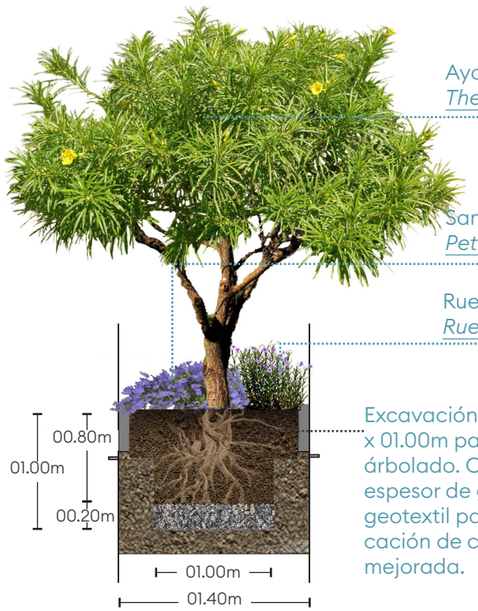


CORONA DE REINA *Petrea volubilis*
Total 13 pzas.

RUELIA *Ruellia simplex*
Total 06 pzas.

COPA DE ORO *Allamandra cathartica*
Total 08 pzas.

AVECILLA *Heliconia psittacorum*
Total 10 pzas.

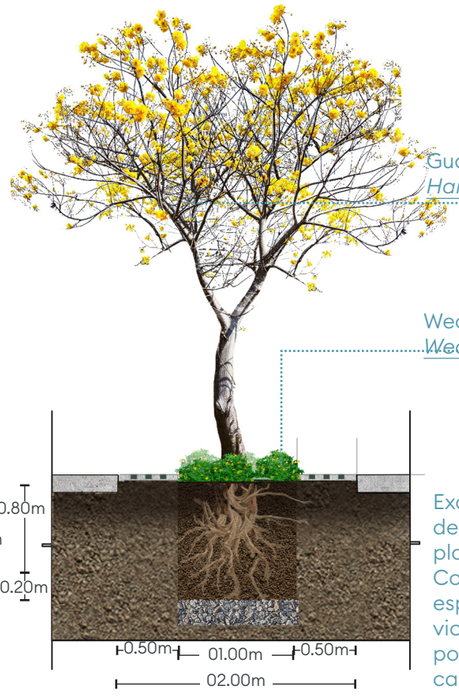


Ayoyote
Thevetia thevetioides

Santa rita
Petrea voluilis

Ruelia
Ruelia simplex

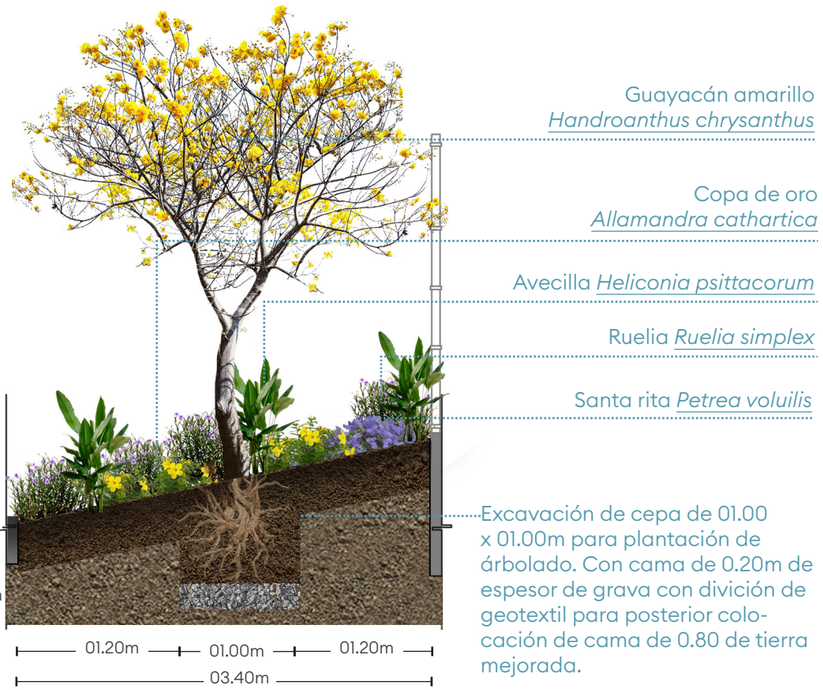
Excavación de cepa de 01.00 x 01.00m para plantación de árbolado. Con cama de 0.20m de espesor de grava con división de geotextil para posterior colocación de cama de 0.80 de tierra mejorada.



Guayacán amarillo
Handroanthus chrysanthus

Wedelia
Wedelia trilobata

Excavación de cepa de 01.00 x 01.00m para plantación de árbolado. Con cama de 0.20m de espesor de grava con división de geotextil para posterior colocación de cama de 0.80 de tierra mejorada.



Guayacán amarillo
Handroanthus chrysanthus

Copa de oro
Allamandra cathartica

Avecilla *Heliconia psittacorum*

Ruelia *Ruelia simplex*

Santa rita *Petrea voluilis*

Excavación de cepa de 01.00 x 01.00m para plantación de árbolado. Con cama de 0.20m de espesor de grava con división de geotextil para posterior colocación de cama de 0.80 de tierra mejorada.

Camellón

Tramo 2



Planta tipo



Sección tipo



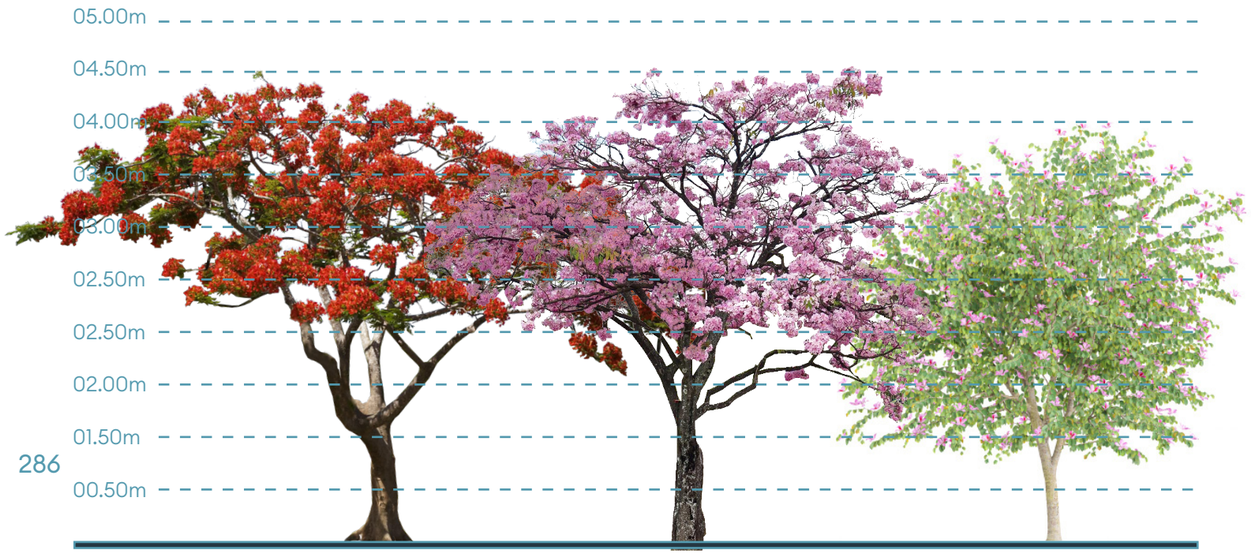
Localización
Tramo 02

Alturas de vegetación, detalle y módulo de plantación

Tramo 2

Árboles

Altura maxima



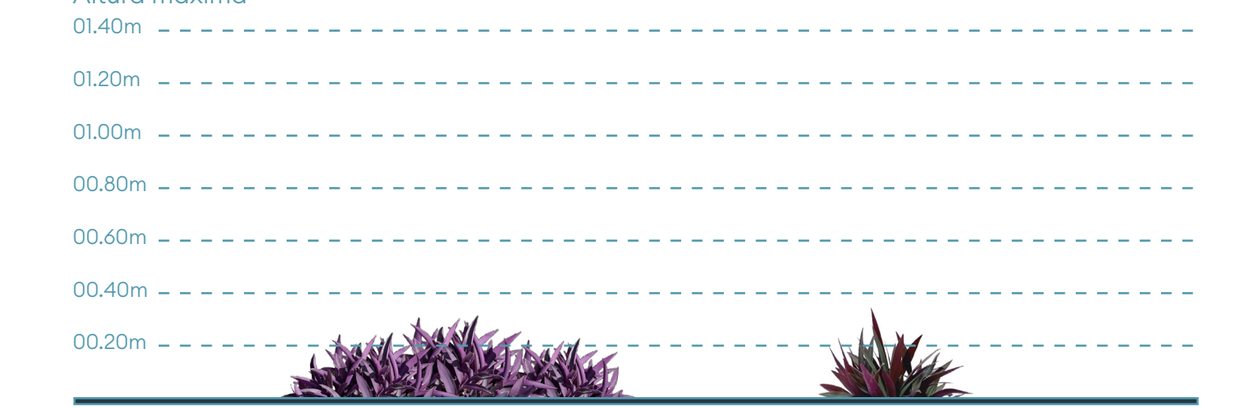
FRAMBOYÁN
Delonix regia

MACUILI
Tabebuia rosea

PATA DE VACA
Bauhinia monandra

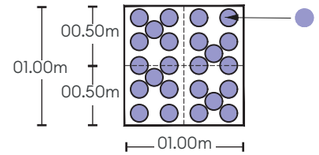
Arbustos y Herbáceas

Altura maxima

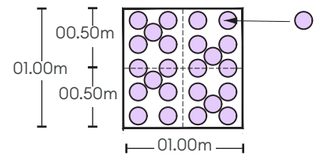


NIÑA EN BARCO
Tradescantia purpurea

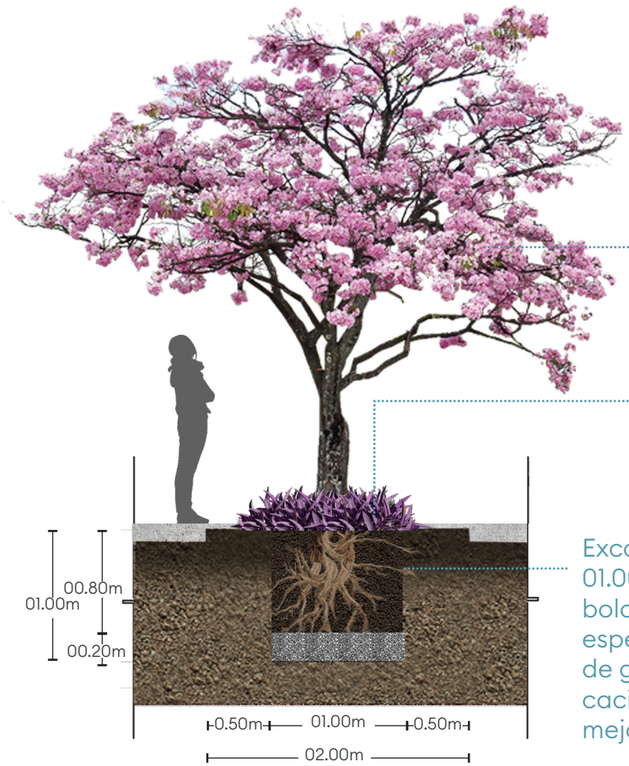
MAGUEY MORADO
Tradescantia spathaceae



MAGUEY MORADO
Tradescantia spathaceae
06 pzas en reticula de 0.50m.
Total 24 pzas.



NIÑA EN BARCO
Tradescantia purpurea
06 pzas en reticula de 0.50m.
Total 24 pzas.

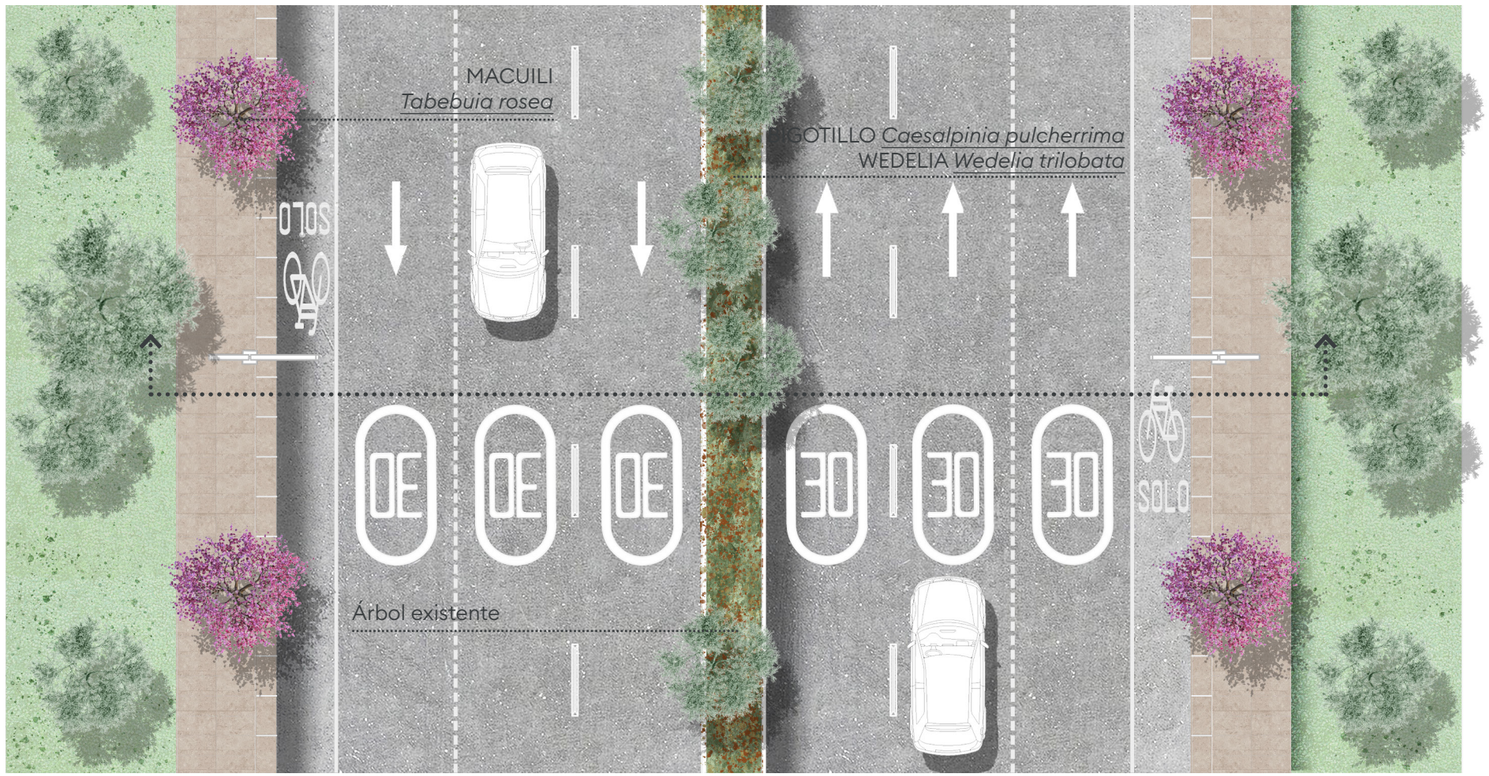


Excavación de cepa de 01.00 x 01.00m para plantación de árbolado. Con cama de 0.20m de espesor de grava con división de geotextil para posterior colocación de cama de 0.80 de tierra mejorada.

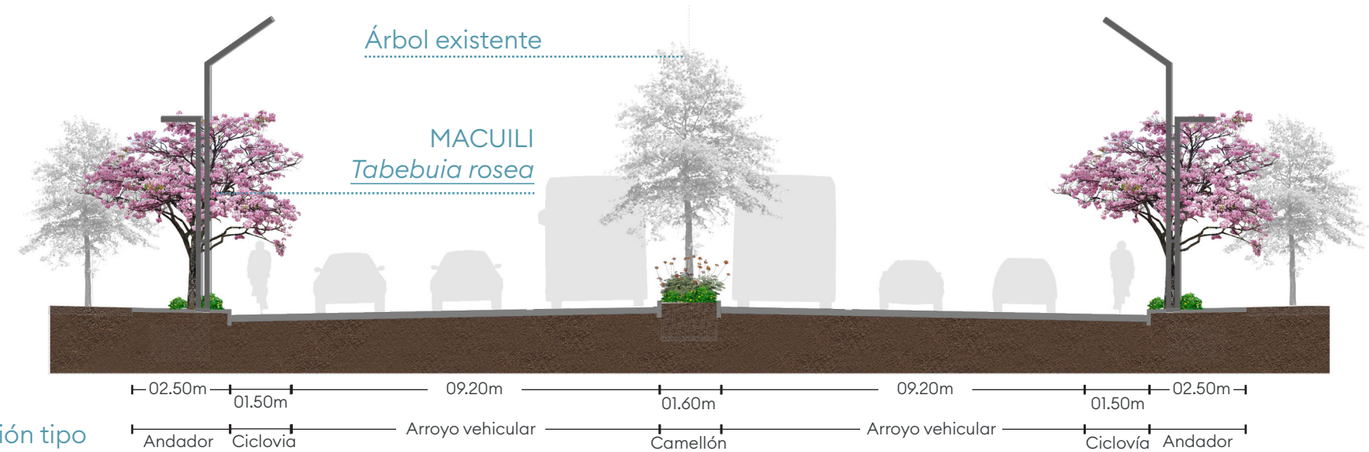
Nota:
El árbol propuesto Macuili *Tabebuia rosea* se pude sustituir por Famboyán *Delonix regia* o Pata de vaca *Bauhinia monandra*.

Propuesta para Camellones y banquetas

Tramo 1



Planta tipo



Sección tipo



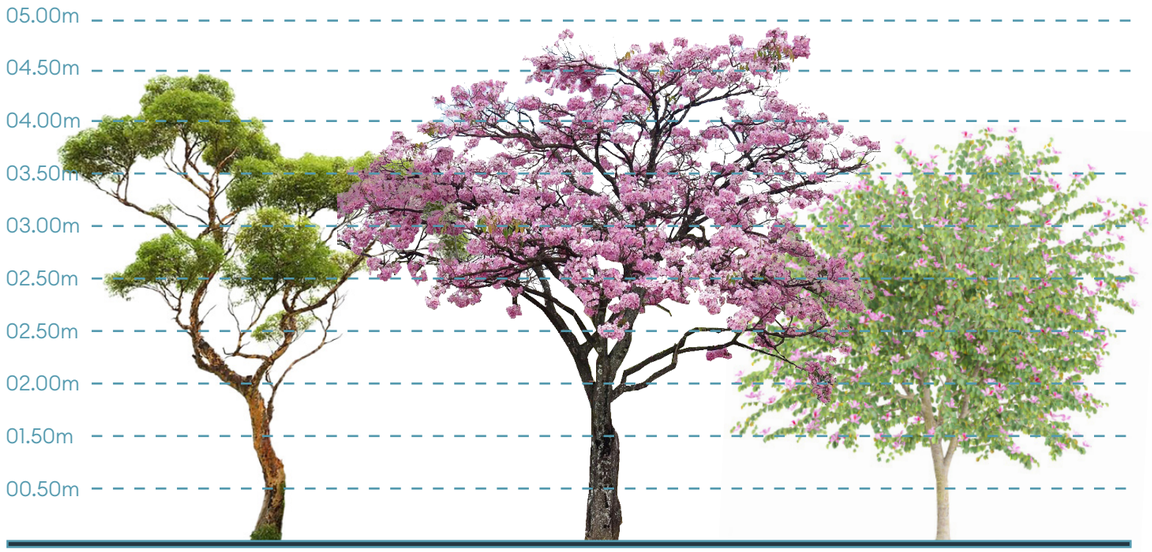
Localización
Tramo 03

Alturas de Vegetación

Tramo 1

Árboles

Altura maxima



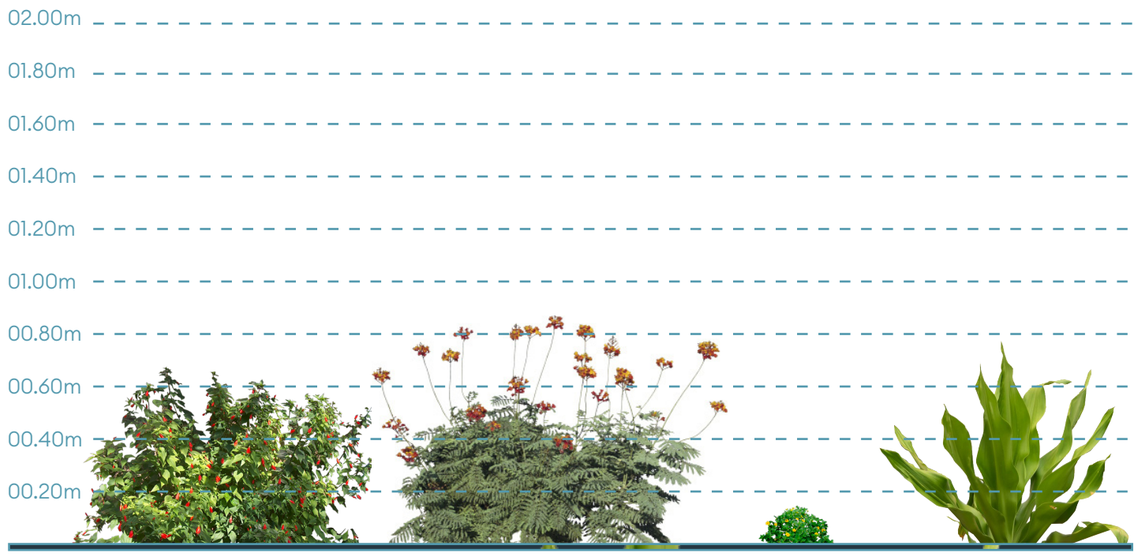
COPAL
Bursera simaruba

MACUILI
Tabebuia rosea

PATA DE VACA
Bauhinia monandra

Arbustos y Herbáceas

Altura maxima



MALVAVISCO
Malvaviscus arboreus

BIGOTILLO
Caesalpinia pulcherrima

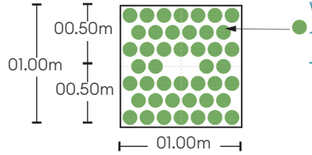
WEDELIA
Wedelia trilobata

LIRIO DE PLAYA
Crinum asiaticum

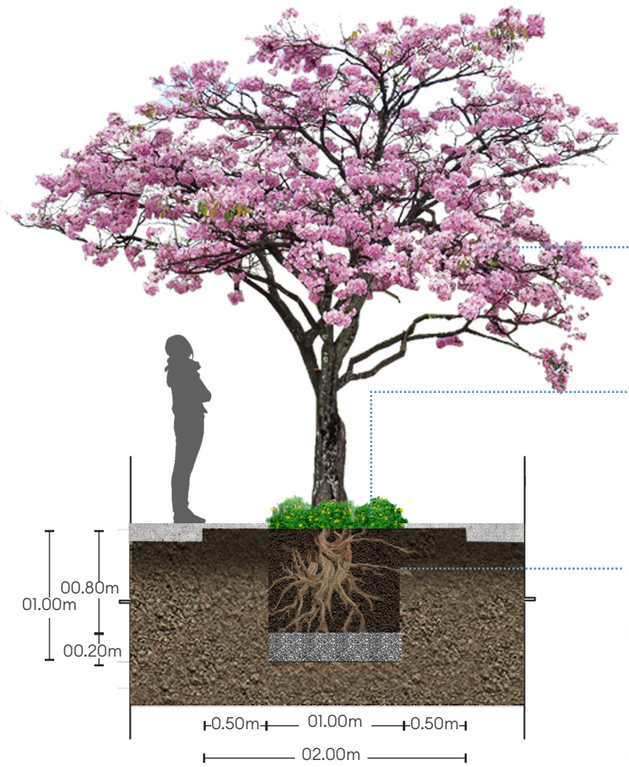
Detalle y módulo de plantación

Tramo 1

Vegetación en andador



WEDELIA *Wedelia trilobata*
11 pzas en reticula de 0.50m.
Total 44 pzas.



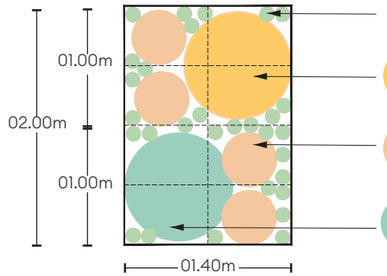
Macuili
Tabebuia rosea

Wedelia
Wedelia trilobata

Excavación de cepa de 01.00 x 01.00m para plantación de árbolado. Con cama de 0.20m de espesor de grava con división de geotextil para posterior colocación de cama de 0.80 de tierra mejorada.

Nota:
El árbol propuesto como Macuili *Tabebuia rosea* se pude sustituir por Copal *Bursera simaruba* o Pata de vaca *Bauhinia monandra*.

Vegetación en camellón

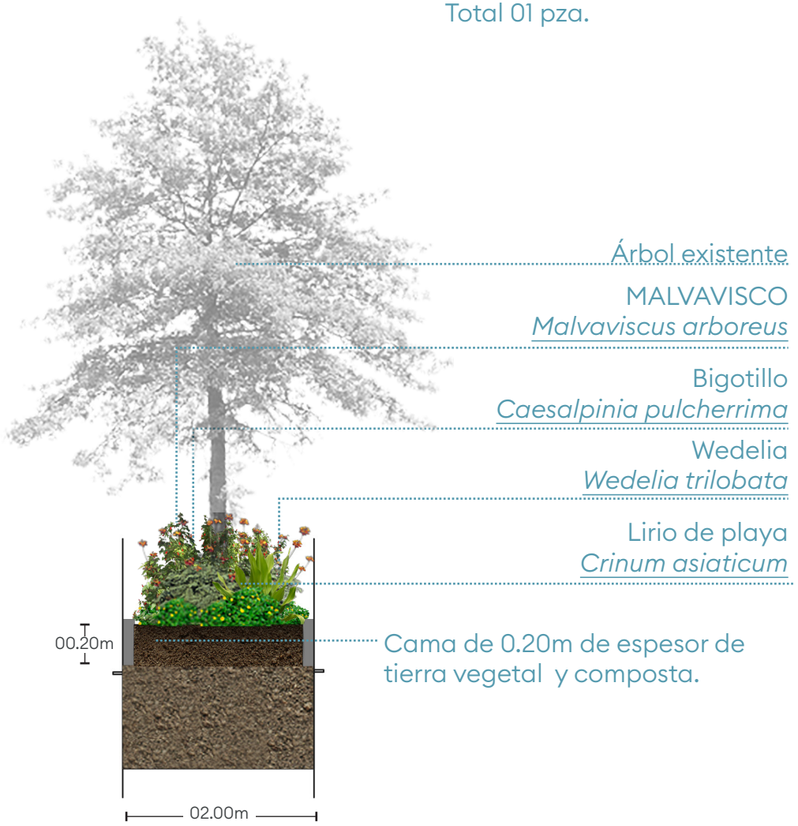


WEDELIA *Wedelia trilobata*
07 pzas en reticula de 0.50m.
Total 30 pzas.

MALVAVISCO *Malvaviscus arboreus*
01 pzas en reticula de 1.00m.
Total 01 pza.

BIGOTILLO *Caesalpinia pulcherrima*
01 pza en reticula de 0.50m.
Total 04 pzas.

LIRIO DE PLAYA *Crinum asiaticum*
01 pza en reticula de 1.00m.
Total 01 pza.



Árbol existente

MALVAVISCO
Malvaviscus arboreus

Bigotillo
Caesalpinia pulcherrima

Wedelia
Wedelia trilobata

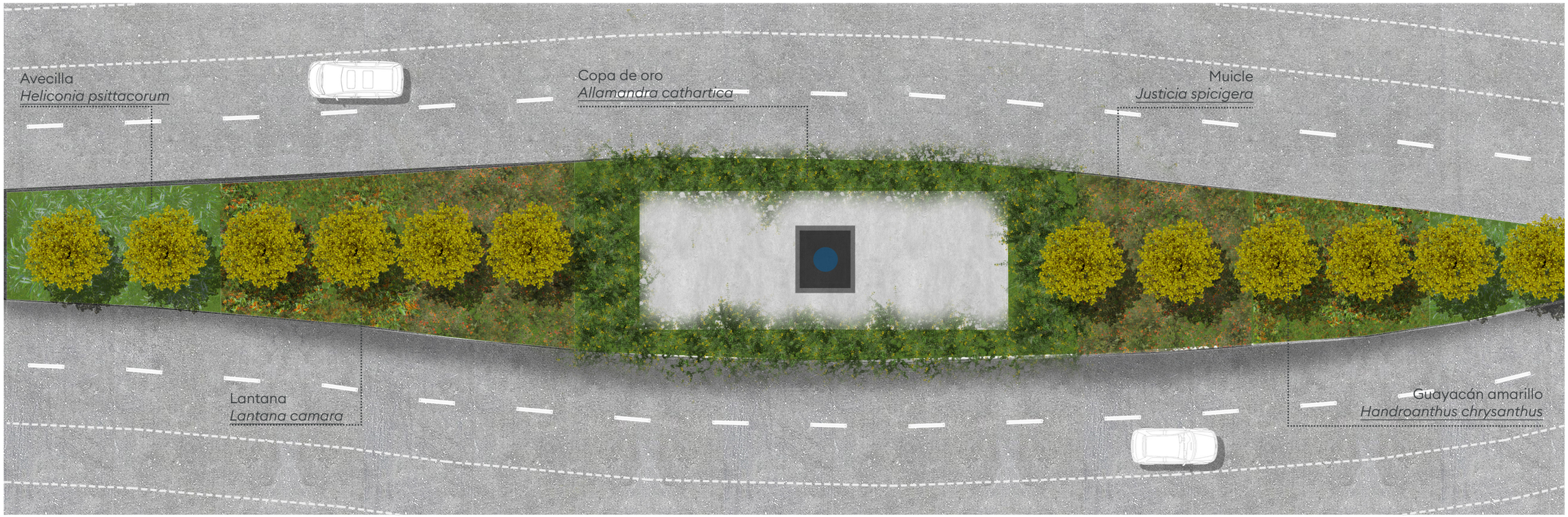
Lirio de playa
Crinum asiaticum

Cama de 0.20m de espesor de tierra vegetal y composta.

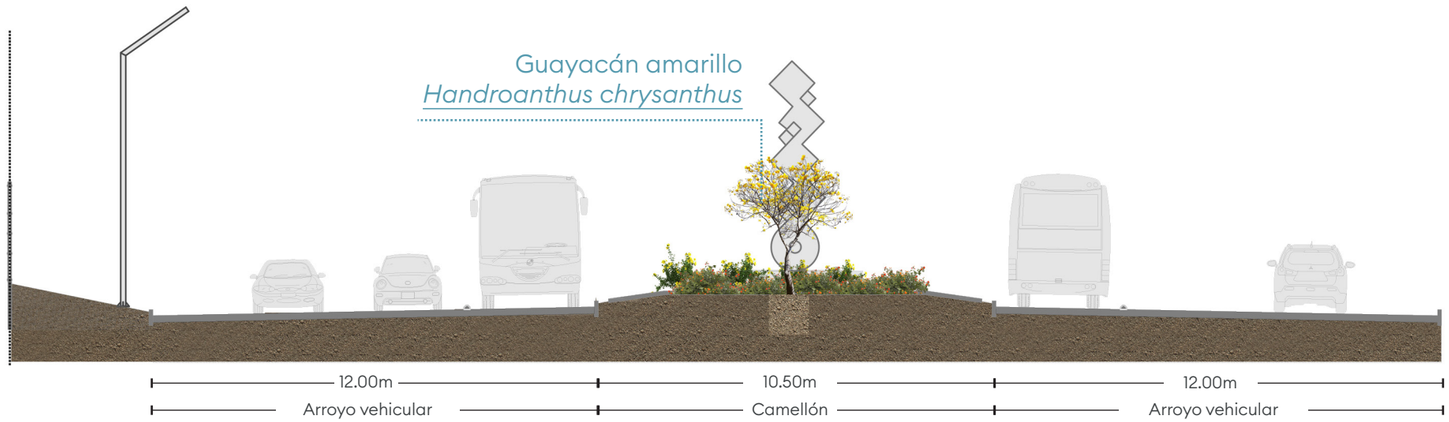
Propuesta para monumento

Tramo 2

Planta tipo



Sección tipo





Localización
Tramo 02

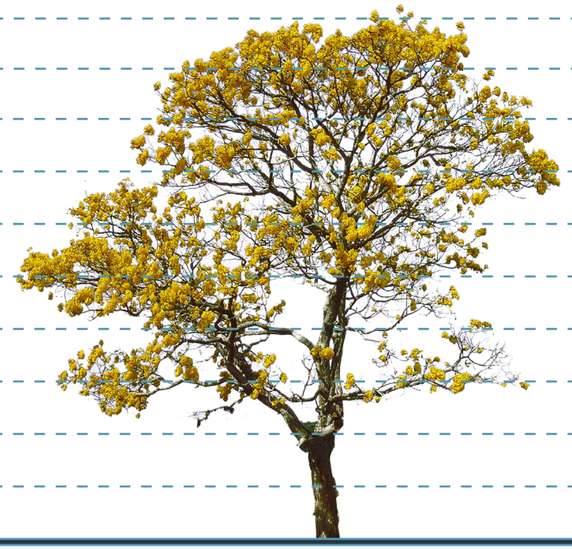
Alturas de vegetación

Tramo 2

Árboles

Altura maxima

05.00m
04.50m
04.00m
03.50m
03.00m
02.50m
02.50m
02.00m
01.50m
00.50m



GUAYACÁN AMARILLO
Handroanthus chrysanthus

Arbustos y Herbáceas

Altura maxima

02.00m
01.80m
01.60m
01.40m
01.20m
01.00m
00.80m
00.60m
00.40m
00.20m



IRIS
Dietes bicolor

LIRIO AMARILLO
Hemerocallis lilioasphodelus

AVECILLA
Heliconia psittacorum

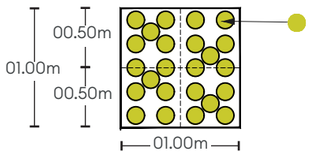
MUICLE
Justicia spicigera

COPA DE ORO
Allamandra cathartica

ANTORCHA
Megaskepasma erythrochlamys

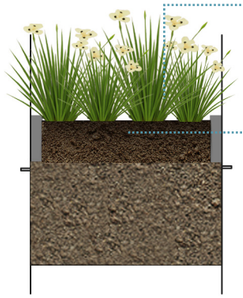
Detalles y módulos de plantación

Tramo 2

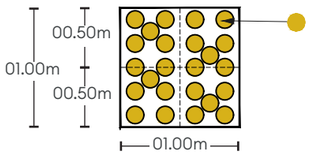


IRIS *Dietes bicolor*
06 pzas en reticula de 0.50m.
Total 24 pzas.

IRIS
Dietes bicolor



Cama de 0.20m de
espesor de tierra vegetal
y composta.

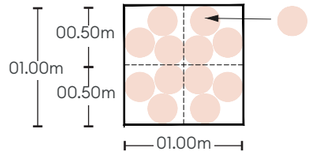


LIRIO AMARILLO
Hemerocallis lilioasphodelus
06 pzas en reticula de 0.50m.
Total 24 pzas.

LIRIO AMARILLO
Hemerocallis lilioasphodelus

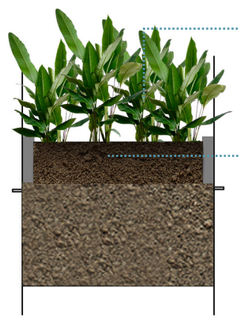


Cama de 0.20m de
espesor de tierra vegetal
y composta.

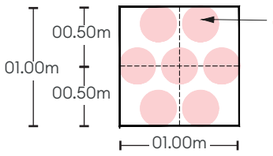


AVECILLA Heliconia psittacorum
03 pzas en reticula de 0.50m.
Total 12 pzas.

AVECILLA
Heliconia psittacorum

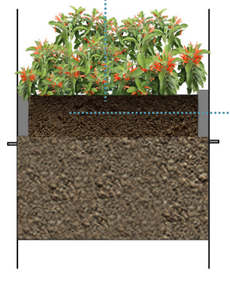


Cama de 0.20m de
espesor de tierra vegetal
y composta.

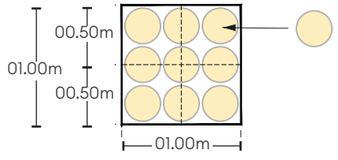


MUICLE *Justicia spicigera*
03 pzas en reticula de 0.50m.
Total 12 pzas.

MUICLE
Justicia spicigera

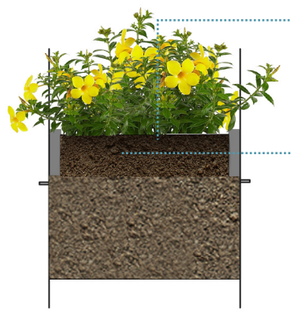


Cama de 0.20m de
espesor de tierra vegetal
y composta.

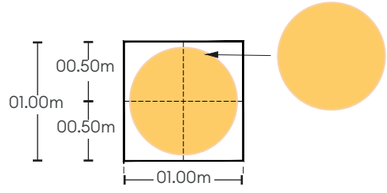


COPA DE ORO
Allamandra cathartica
02 pzas en reticula de 0.50m.
Total 09 pzas.

COPA DE ORO
Allamandra cathartica



Cama de 0.20m de
espesor de tierra vegetal
y composta.



ANTORCHA
Megaskepasma erythrochlamys
01 pzas en reticula de 01.00m.
Total 1 pza.

ANTORCHA
Megaskepasma erythrochlamys



Cama de 0.20m de
espesor de tierra vegetal
y composta.

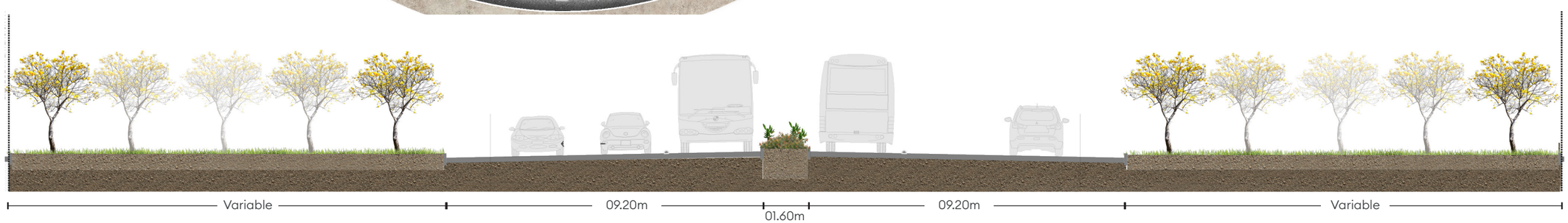
Propuesta para glorieta

Tramo 1

Planta tipo



Sección tipo





Localización
Tramo 1

Nota:
El árbol propuesto como Guayacán amarillo se pude sustituir por Ceiba *Ceiba pentandra* o Clavellín *Pseudobombax ellipticum*.

Alturas de vegetación

Tramo 1

Árboles

Altura maxima



CEIBA
Ceiba pentandra

GUAYACÁN AMARILLO
Handroanthus chrysanthus

CLAVELLÍN
Pseudobombax ellipticum

Nota:
El árbol propuesto como Guayacán amarillo se pude sustituir por Ceiba *Ceiba pentandra* o Clavellín *Pseudobombax ellipticum*.

Arbustos y Herbáceas

Altura maxima



AVECILLA
Heliconia psittacorum

MUICLE
Justicia spicigera

TARANTANA
Senna alata

LANTANA
Lantana camara

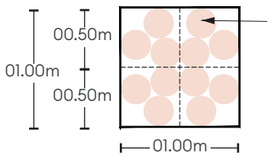
MALVAVISCO
Malvaviscus arboreus

ANTORCHA
Megaskepasma erythrochlamys

Detalles y módulos de plantación

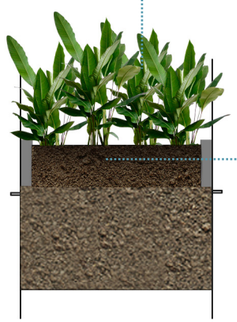
Tramo 1

Vegetación en camellón

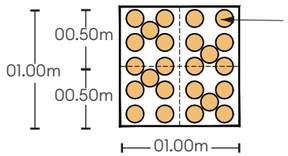


AVECILLA *Heliconia psittacorum*
03 pzas en reticula de 0.50m.
Total 12 pzas.

AVECILLA
Heliconia psittacorum

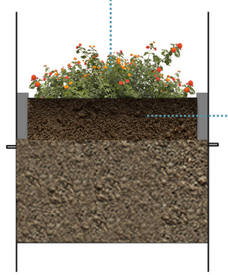


Cama de 0.20m de
espesor de tierra vegetal
y composta.

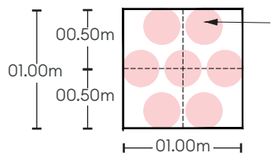


LANTANA *Lantana camara*
03 pzas en reticula de 0.50m.
Total 12 pzas.

LANTANA
Lantana camara



Cama de 0.20m de
espesor de tierra vegetal
y composta.

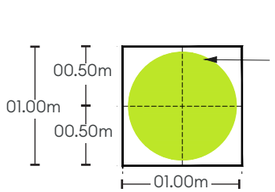


MUICLE *Justicia spicigera*
03 pzas en reticula de 0.50m.
Total 12 pzas.

MUICLE
Justicia spicigera

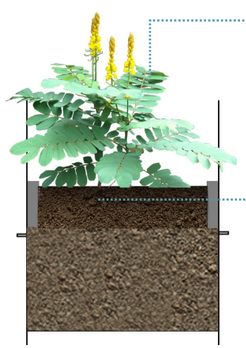


Cama de 0.20m de
espesor de tierra vegetal
y composta.

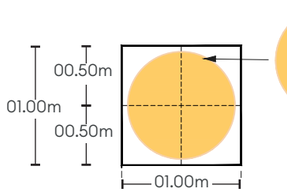


TARANTANA
Senna alata
01 pzas en reticula de 01.00m.
Total 1 pza.

TARANTANA
Senna alata

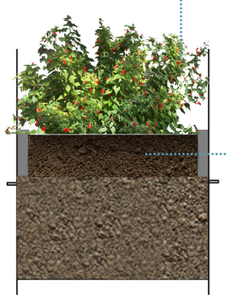


Cama de 0.20m de
espesor de tierra vegetal
y composta.

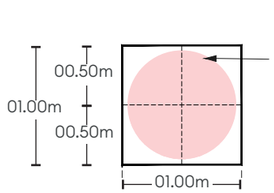


ALTEA
Malvaviscus arboreus
01 pzas en reticula de 01.00m.
Total 1 pza.

MALVAVISCO
Malvaviscus arboreus



Cama de 0.20m de
espesor de tierra vegetal
y composta.



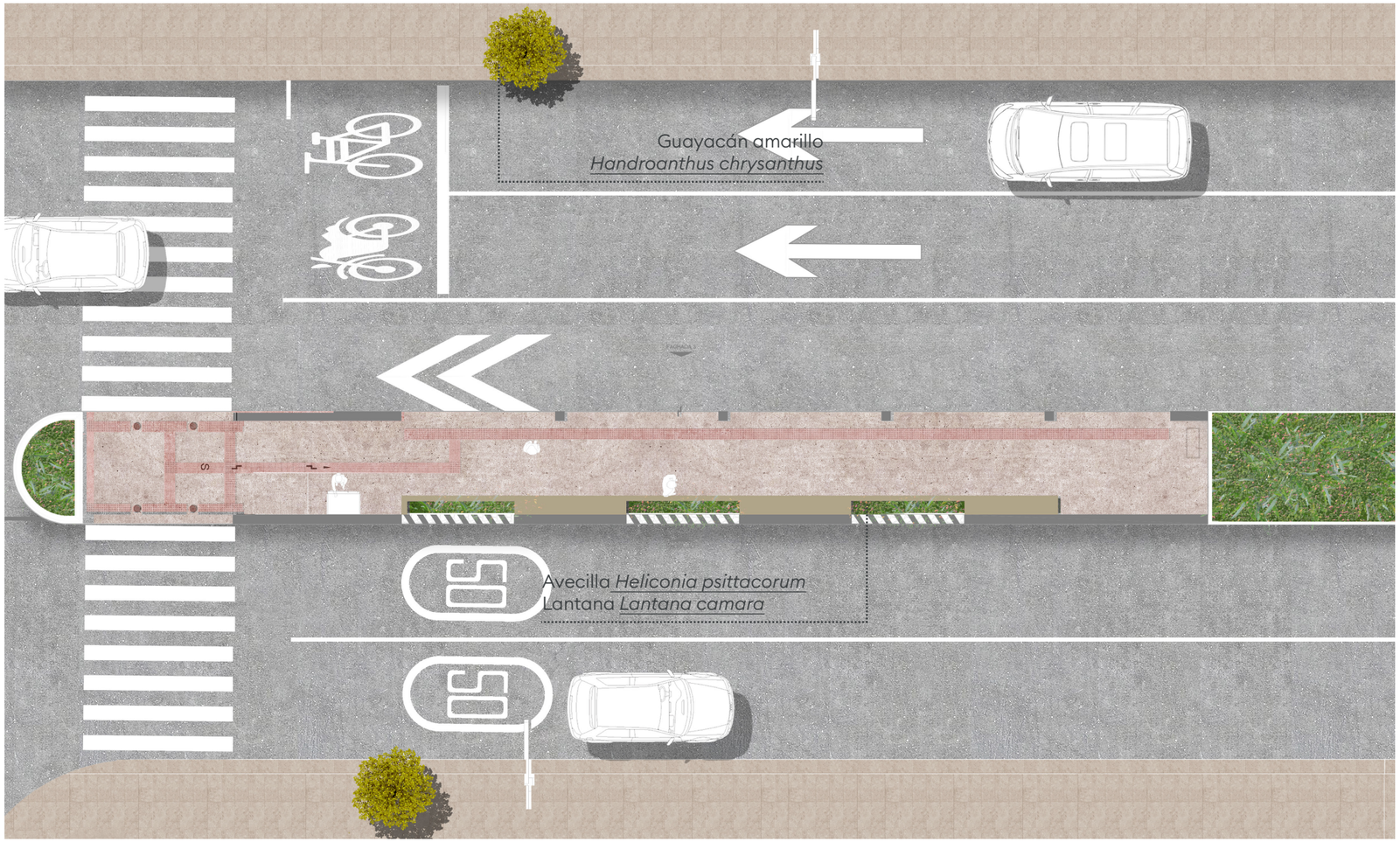
ANTORCHA
Megaskepasma erythrochlamys
01 pzas en reticula de 01.00m.
Total 1 pza.

ANTORCHA
Megaskepasma erythrochlamys

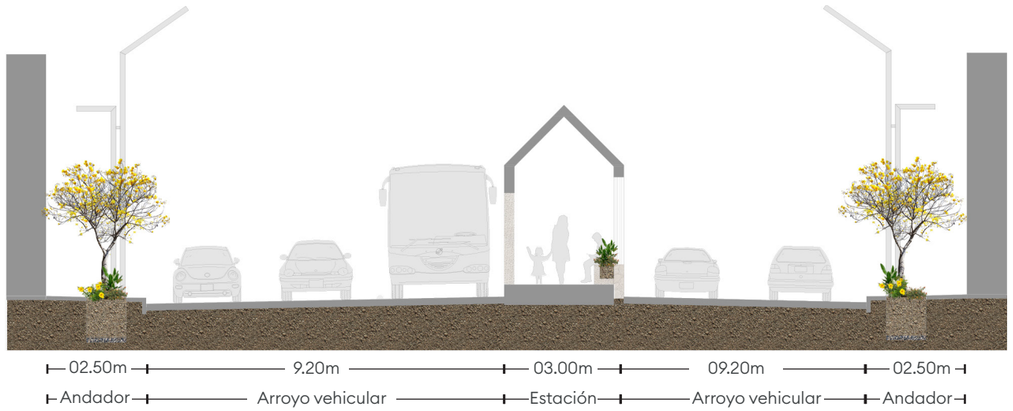


Cama de 0.20m de
espesor de tierra vegetal
y composta.

Propuesta para estación tipo 1

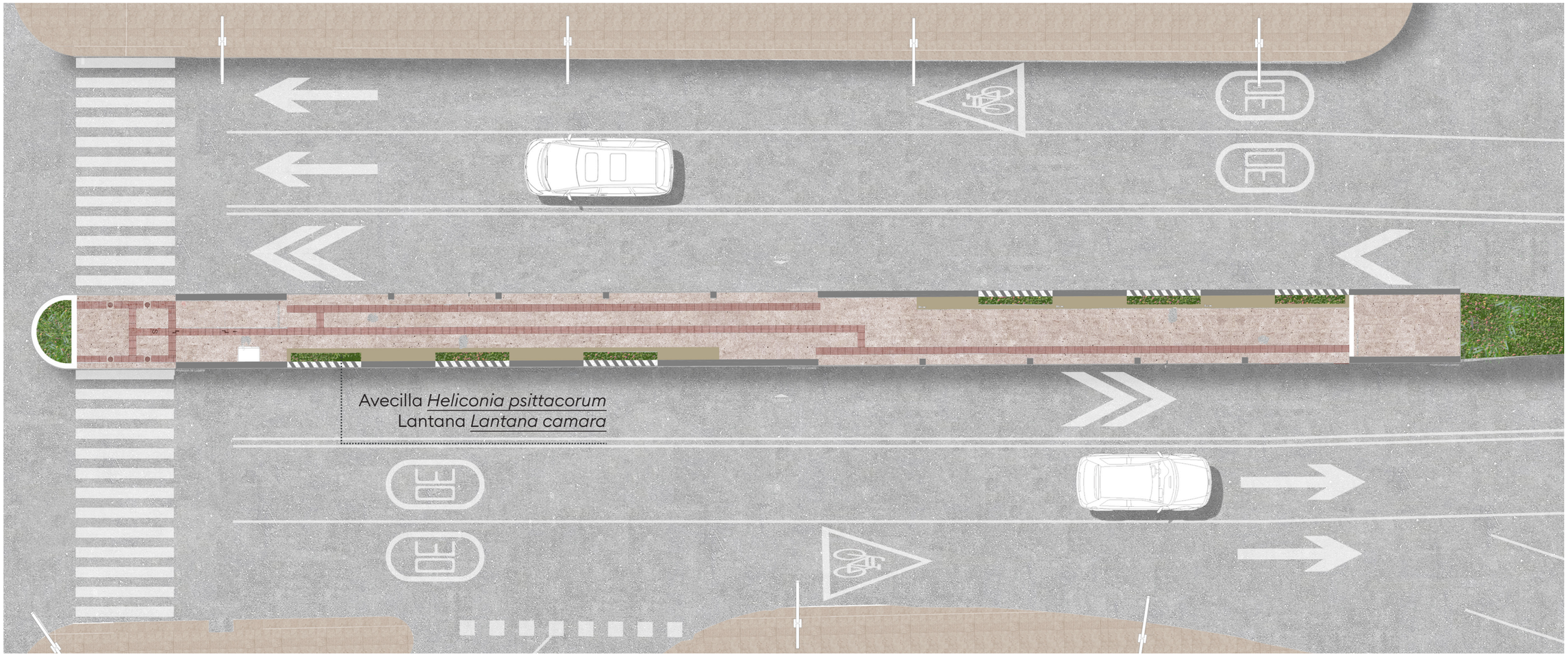


Planta tipo

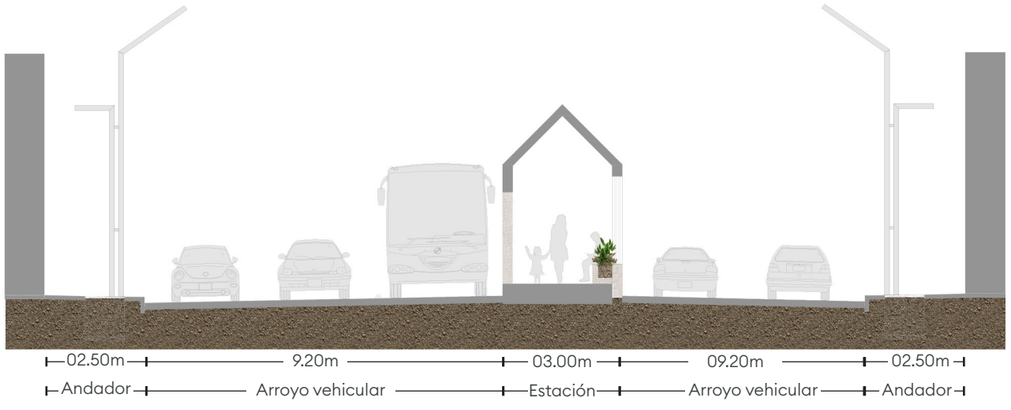


Sección tipo

Propuesta para estación tipo 2



Planta tipo



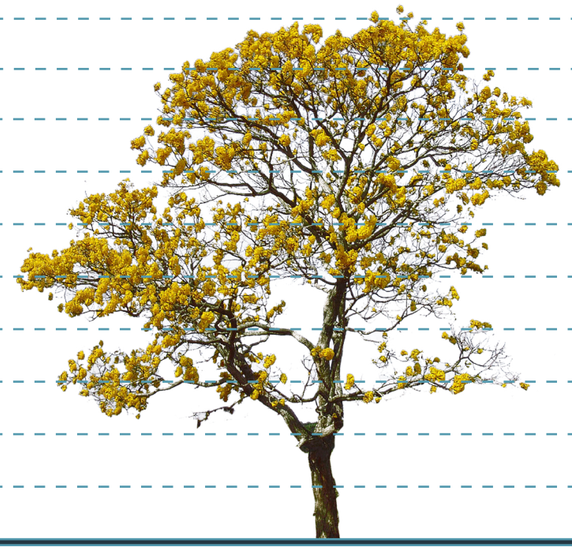
Sección tipo

Alturas de vegetación

Árboles

Altura maxima

05.00m
04.50m
04.00m
03.50m
03.00m
02.50m
02.50m
02.00m
01.50m
00.50m



GUAYACÁN AMARILLO
Handroanthus chrysanthus

Arbustos y Herbáceas

Altura maxima

02.00m
01.80m
01.60m
01.40m
01.20m
01.00m
00.80m
00.60m
00.40m
00.20m



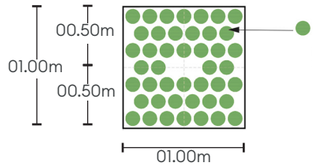
AVECILLA
Heliconia psittacorum

LANTANA
Lantana camara

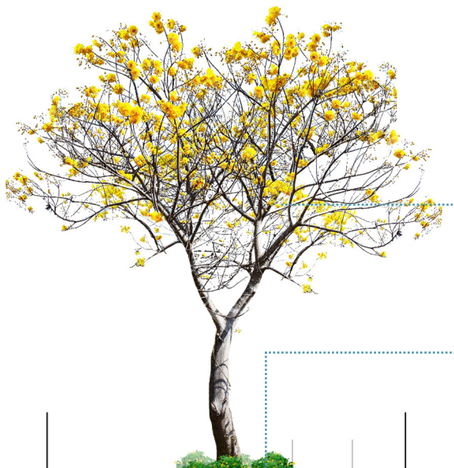
WEDELIA
Wedelia trilobata

Detalle y módulo de plantación

Vegetación en andador

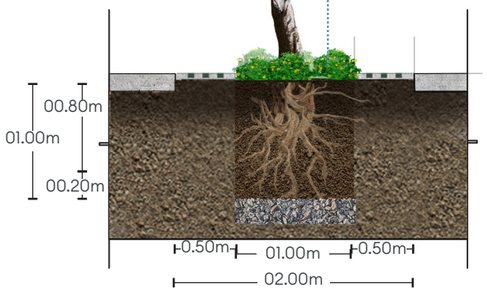


WEDELIA *Wedelia trilobata*
11 pzas en reticula de 0.50m.
Total 44 pzas.



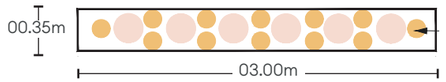
Guayacán amarillo
Handroanthus chrysanthus

Wedelia
Wedelia trilobata



Excavación de cepa de 01.00 x 01.00m para plantación de árbolado. Con cama de 0.20m de espesor de grava, con división de geotextil para posterior colocación de cama de 0.80 de tierra mejorada.

Módulo de vegetación | Estación

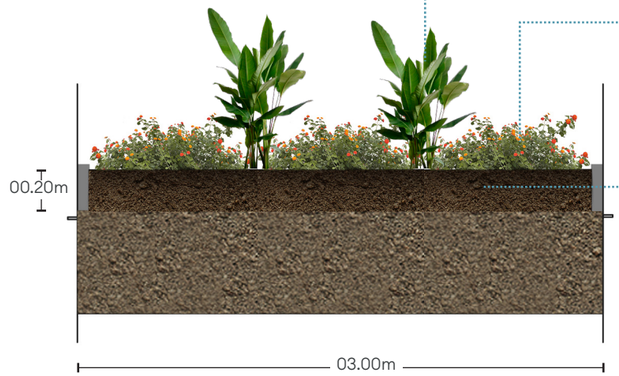


AVECILLA *Heliconia psittacorum*
Total 06 pzas.

LANTANA *Lantana camara*
Total 12 pzas.

Avecilla
Heliconia psittacorum

Lantana
Lantana camara



Cama de 0.20m de espesor de tierra vegetal y composta.

PLAN MAESTRO Y ANTEPROYECTO VILLAHERMOSA



SISTEMA INTEGRADO DE TRANSPORTE

MEMORIA DESCRIPTIVA

NOVIEMBRE 2025

Tabla de Revisiones

PLAN MAESTRO Y ANTEPROYECTO VILLAHERMOSA

SISTEMA INTEGRADO DE TRANSPORTE

MEMORIA DESCRIPTIVA

Redactado por:	Revisado por:	Aprobado por:
[redacted]	[redacted]	[redacted]
30/10/2025	30/10/2025	30/10/2025

Área	Encargo	Informe	CD
IF	P104975	P104975-IDM-GEN-100PRJ-RPT-C-000001-P2.2-A1-Sistema integrado de transporte Memoria Descriptiva	160

Tabla de Ediciones

Revisión	Fecha	Objeto de la edición
P01.01	30 de octubre de 2025	Edición inicial
P02.02	10 de noviembre	Edición para entrega al Cliente

Índice

1 INTRODUCCIÓN 1

2 OBJETIVO 2

3 ALCANCES 3

4 INFORMACIÓN DE PARTIDA 4

4.1 MODELO TRANUS 4

4.1.1 Área de modelación 4

4.1.2 Red de transporte privado 4

4.1.3 Red de transporte público 5

4.1.4 Periodo de modelación 5

4.1.5 Escenarios 5

4.2 LEVANTAMIENTO DE CAMPO 6

4.2.1 Aforos vehiculares 6

4.2.1.1 Aforos pantalla 6

4.2.1.2 Aforos vehiculares direccionales 7

4.2.2 Levantamiento de Fases y ciclo semafórico 8

4.2.2.1 Av. Paseo Tabasco y Periférico Carlos Pellicer Cámara 9

4.2.2.2 Av. Paseo Tabasco y Av. 27 de Febrero - La Venta 10

4.2.2.3 Av. Paseo Tabasco y Blvd. Adolfo Ruiz Cortines 11

4.2.2.4 Av. Paseo Tabasco y Av. Gregorio Méndez Magaña 12

4.2.2.5 Av. Paseo Tabasco y Calle Ocho Horas 14

4.2.2.6 Av. Paseo Tabasco y Av. 27 de Febrero 15

4.2.2.7 Av. Paseo Tabasco y Av. Francisco Javier Mina 16

4.2.2.8 Av. Paseo Tabasco y malecón Carlos A. Madrazo B. 17

4.3 SISTEMA DE TRANSPORTE – MOVITAB 18

4.3.1 Ruta Frigorífico 20

4.3.2 Ruta Méndez 20

4.3.3 Ruta Periférico – Gayabal 22

4.3.4 Ruta Av. Adolfo Ruiz Cortines 23

4.3.5 Ruta Universidad 24

5 ESCENARIO BASE 26

5.1 DIAGNOSTICO OPERACIONAL DEL CORREDOR 26

5.1.1 Estación Maestra 26

5.1.2 Hora de Máxima Demanda 27

5.1.3 Proporción vehicular 28

5.1.4 Factor Horario de Máxima Demanda 29

5.1.5 Análisis de tasas de flujo 30

5.2 ANÁLISIS REGIONAL VILLAHERMOSA (MODELO MACRO) 31

5.2.1 Área de modelación 32

5.2.2 Matrices de viaje 33

5.2.3 Datos socioeconómicos 34

5.2.3.1 Población 34

5.2.3.2 Empleo....34
5.2.4 Red vial....35
5.2.4.1 Red de transporte privado....35
5.2.4.2 Red de transporte público....35
5.2.5 Periodo de modelación....36
5.2.6 Modos de transporte modelados....37
5.2.7 Viajes externos....37
5.2.8 Resumen de la información de entrada....37
5.2.9 Asignación de viajes....38
5.2.10 Descripción de la red vial....38
5.2.10.1 Puntos de paradas....38
5.2.11 Metodología de calibración....40
5.2.12 Validación....41
5.2.12.1 Modelo de transporte público....41
5.2.12.2 Modelo de transporte privado....45
5.2.12.3 Tiempos de recorrido....47
5.3 ANÁLISIS CORREDOR PASEO TABASCO....49
5.3.1 Metodología....50
5.3.1.1 Representar....50
5.3.1.2 Caracterizar....51
5.3.1.3 Atributos de los vehículos....51
5.3.1.4 Rutas vehiculares....52
5.3.1.5 Evaluar y calibrar....53
5.3.1.6 Niveles de servicio....54
5.3.2 Análisis de resultados....56
5.3.2.1 Calibración del modelo....56
5.3.2.2 Análisis de Velocidades....58
5.3.2.3 Niveles de servicio....60
5.4 CARACTERIZACIÓN DE LOS PUNTOS DE PARADA DEL SISTEMA ACTUAL....62
5.4.1 Tipo 1 – Estructura de concreto....62
5.4.2 Tipo 2 –Parada con refugio....63
5.4.3 Tipo 3 –Poste con señal....64
5.4.4 Tipo 4 – Informal....65

6 SISTEMA DE TRANSPORTE INTEGRADO....66

6.1 OPTIMIZACIÓN SEMAFÓRICA....66
6.2 RUTAS DEL SISTEMA DE TRANSPORTE INTEGRADO....68
6.2.1 Descripción del sistema....68
6.2.2 Descripción de la oferta....70
6.2.2.1 Ruta S01 Hospital – Casa Blanca....70
6.2.2.2 Ruta S02 Universidad – Centro....72
6.2.2.3 Ruta S03 Bicentenario – Gaviotas....73
6.2.2.4 Ruta S04 Saloya – Centro....74
6.2.2.5 Ruta S05 Gregorio – Ramal....75
6.2.2.6 Ruta S06 Hospital – 27 de febrero....77
6.3 TRANSPORTE FLUVIAL....78

6.4 ANÁLISIS REGIONAL VILLAHERMOSA (MODELO MACRO) 79
6.4.1 Evaluación de escenario 79
6.4.2 Definición de escenarios 80
6.4.3 Restructuración de rutas 80
6.4.4 Resultados 82
6.4.4.1 Escenario 1 82
6.4.4.2 Escenario 2 84
6.4.4.3 Escenario 3 85
6.4.4.4 Escenario 4 86
6.4.4.5 Escenario 5 88
6.4.4.6 Escenario 6 89
6.4.5 Resumen de escenarios 90
6.5 PLAN DE OPERACIÓN 91
6.5.1 Parámetros del diseño 91
6.5.2 Diseño operacional 91
6.5.3 Parámetros de diseño de patios 92
6.5.3.1 Capacidad del patio 92
6.5.3.2 Ubicación del patio 93
6.5.3.3 Requerimiento de suministro de energía 95
6.5.3.4 Requerimientos de espacio 97

7 ANÁLISIS CORREDOR PASEO TABASCO 101

7.1 EVALUACIÓN DE ESCENARIOS 101
7.1.1 Escenario 1 102
7.1.2 Escenario 2 103
7.1.3 Escenario 3 105
7.1.4 Escenario 4 106
7.1.5 Escenario 5 109
7.1.6 Escenario 6 110
7.1.7 Comparación de escenarios 112
7.2 PROYECCIÓN DE LA DEMANDA 113
7.3 ANÁLISIS PASEO TABASCO 116
7.3.1 Horizonte a 5 años 116
7.3.1.1 Escenario 0 116
7.3.1.2 Escenario 6 118
7.3.2 Horizonte a 10 años 121
7.3.2.1 Escenario 0 121
7.3.2.2 Escenario 6 123
7.3.3 Horizonte a 15 años 126
7.3.3.1 Escenario 0 126
7.3.3.2 Escenario 6 129
7.3.4 Comparación de resultados 132

Índice de Anexos

N/A

Índice de Tablas

Tabla 1. Distribución de tiempos por fase....9
Tabla 2. Distribución de tiempos por fase....11
Tabla 3. Distribución de tiempos por fase....12
Tabla 4. Distribución de tiempos por fase....13
Tabla 5. Distribución de tiempos por fase....14
Tabla 6. Distribución de tiempos por fase....16
Tabla 7. Distribución de tiempos por fase....17
Tabla 8. Distribución de tiempos por fase....18
Tabla 9. Variación horaria del volumen vehicular por estación de aforo....27
Tabla 10. Variables para el cálculo del FHMD....30
Tabla 11. Análisis de tasa de flujo....31
Tabla 12. Cifras de población....34
Tabla 13. Cifras de empleo....35
Tabla 14. Datos de entrada para modelación....38
Tabla 15. Atributos de las vialidades. Fuente: Elaboración propia.....38
Tabla 16. Validación de flujos de pasajeros. Fuente: Elaboración propia.....44
Tabla 17. Valores de GEH en puntos de aforo. Fuente: Elaboración propia.....46
Tabla 18. Comparativa de tiempos de recorrido. Fuente: Elaboración propia.....49
Tabla 19. Niveles de servicio en función de las demoras....55
Tabla 20. Resultados de la calibración por medio de la variable GEH....57
Tabla 21. Comparación de tiempos de recorrido registrados en el modelo y obtenidos en campo....58
Tabla 22. Velocidades promedio en el corredor....59
Tabla 23. Análisis de Desempeño por Intersección....60
Tabla 24. Tiempo perdido por el congestionamiento....62
Tabla 25. Información del sistema de transporte integrado por ruta....69
Tabla 26. Demanda de pasajeros en escenario 1 – Operación 3 minutos de intervalo....83
Tabla 27. Demanda de pasajeros en escenario 1 - Demanda de pasajeros en escenario 1 – Operación 6 minutos de intervalo....84
Tabla 28. Demanda de pasajeros en escenario 2....84
Tabla 29. Demanda de pasajeros en escenario 3....86
Tabla 30. Demanda de pasajeros en escenario 4....87
Tabla 31. Demanda de pasajeros en escenario 5....89
Tabla 32. Resumen de escenarios....90
Tabla 33. Resumen diseño operacional....91
Tabla 34. Resumen franjas horarias....92
Tabla 35. Resumen kilómetros comerciales anuales por ruta....92
Tabla 36. Características de la batería de los buses eléctricos....95
Tabla 37. Demanda máxima total y por hora de carga – flota 46 buses....96
Tabla 38. Demanda máxima total y por hora de carga....96
Tabla 39. Demanda máxima total y por hora de carga – flota 50 buses....96
Tabla 41. Escenarios a evaluar....101
Tabla 42. Análisis de desempeño por intersección, Escenario 1.....102
Tabla 43. Comparativa de tiempos de recorrido....103
Tabla 44. Tiempo perdido....103
Tabla 45. Análisis de desempeño por intersección, Escenario 2.....104
Tabla 46. Comparativa de tiempos de recorrido....104

Tabla 47. Tiempo perdido 104
Tabla 48. Análisis de desempeño por intersección, Escenario 3. 106
Tabla 49. Comparativa de tiempos de recorrido 106
Tabla 50. Tiempo perdido 106
Tabla 51. Análisis de desempeño por intersección, Escenario 4. 108
Tabla 52. Comparativa de tiempos de recorrido 108
Tabla 53. Tiempo perdido 108
Tabla 54. Análisis de desempeño por intersección, Escenario 5. 109
Tabla 55. Comparativa de tiempos de recorrido 110
Tabla 56. Tiempo perdido 110
Tabla 57. Análisis de desempeño por intersección, Escenario 6. 111
Tabla 58. Comparativa de tiempos de recorrido 111
Tabla 59. Tiempo perdido 111
Tabla 60. Comparativa de desempeño por escenario 113
Tabla 61. Evolución del parque vehicular en Villahermosa en los últimos 10 años 115
Tabla 62. Proyección de la demanda vehicular del modelo micro utilizando la metodología CAGR. 115
Tabla 63. Análisis de desempeño por intersección, año 2030. 117
Tabla 64. Comparación de tiempos de recorrido 117
Tabla 65. Comparación de tiempo perdido 118
Tabla 66. Análisis de desempeño por intersección, año 2030 119
Tabla 67. Comparación de tiempos de recorrido 120
Tabla 68. Comparación de tiempo perdido 121
Tabla 69. Análisis de desempeño por intersección, año 2035 122
Tabla 70. Comparación de tiempos de recorrido 123
Tabla 71. Comparación de tiempo perdido 123
Tabla 72. Análisis de desempeño por intersección, año 2035 124
Tabla 73. Comparación de tiempos de recorrido 125
Tabla 74. Comparación de tiempo perdido 126
Tabla 75. Análisis de desempeño por intersección, año 2040 127
Tabla 76. Comparación de tiempos de recorrido 128
Tabla 77. Comparación de tiempo perdido 128
Tabla 78. Análisis de desempeño por intersección, año 2040 130
Tabla 79. Comparación de tiempos de recorrido 131
Tabla 80. Comparación de tiempo perdido 132

Índice de Figuras

Figura 1. AGEB consideradas en la modelación. Fuente: Elaboración propia. 4
Figura 2. Red vial modelada. Fuente: Elaboración propia. 5
Figura 3. Puntos de aforo pantalla 7
Figura 4. Puntos de aforo direccional 8
Figura 5. Intersecciones semaforizadas 9
Figura 6. Fases semafóricas Intersección 01 Av. Paseo Tabasco y Periférico Carlos Pellicer Cámara 9
Figura 7. Diagrama de Webster Intersección 01 Av. Paseo Tabasco y Periférico Carlos Pellicer Cámara 10
Figura 8. Fases semafóricas Intersección 02 Av. Paseo Tabasco y Av. 27 de Febrero - La Venta 10
Figura 9. Diagrama de Webster Intersección 02 Av. Paseo Tabasco y Av. 27 de Febrero - La Venta 11
Figura 10. Fases semafóricas Intersección 03 Av. Paseo Tabasco y Blvd. Adolfo Ruiz Cortines 12
Figura 11. Diagrama de Webster Intersección 03 Av. Paseo Tabasco y Blvd. Adolfo Ruiz Cortines 12
Figura 12. Fases semafóricas Intersección 04 Av. Paseo Tabasco y Av. Gregorio Méndez Magaña 13

Figura 13. Diagrama de Webster Intersección 04 Av. Paseo Tabasco y Av. Gregorio Méndez Magaña 14
Figura 14. Fases semafóricas Intersección 05 Av. Paseo Tabasco y Calle Ocho Horas 14
Figura 15. Diagrama de Webster Intersección 05 Av. Paseo Tabasco y Calle Ocho Horas 15
Figura 16. Fases semafóricas Intersección 06 Av. Paseo Tabasco y Av. 27 de Febrero 15
Figura 17. Diagrama de Webster Intersección 06 Av. Paseo Tabasco y Av. 27 de Febrero 16
Figura 18. Fases semafóricas Intersección 07 Av. Paseo Tabasco y Av. Francisco Javier Mina 16
Figura 19. Diagrama de Webster Intersección 07 Av. Paseo Tabasco y Av. Francisco Javier Mina 17
Figura 20. Fases semafóricas Intersección 08 Av. Paseo Tabasco y malecón Carlos A. Madrazo B. 18
Figura 21. Diagrama de Webster Intersección 08 Av. Paseo Tabasco y malecón Carlos A. Madrazo B. 18
Figura 22. Sistema de transporte público - MOVITAB 19
Figura 23. Ruta actual – Frigorífico 20
Figura 24. Ruta actual – Méndez 22
Figura 25. Ruta actual – Gayabal 23
Figura 26. Ruta actual – Av. Adolfo Ruiz Cortines 24
Figura 27. Ruta actual – Av. Universidad 25
Figura 28. Distribución horaria de los volúmenes vehiculares en las estaciones de aforo pantalla. 27
Figura 29. Variación horaria del volumen vehicular, estación maestra. 28
Figura 30. Proporción vehicular 29
Figura 31. Análisis de tasas de flujo 31
Figura 32. AGEB consideradas en la modelación. Fuente: Elaboración propia. 32
Figura 33. Zonificación final 33
Figura 34. Disaggregate matrix 34
Figura 35. Red vial codificada en Visum 35
Figura 36. Red vial modelada 36
Figura 37. Perfil diario de pasajeros en transporte público 37
Figura 38. Perfil diario de vehículos 37
Figura 39. Paradas codificadas en Visum. Fuente: Elaboración propia. 39
Figura 40. Funciones flujo demora. Fuente: Elaboración propia. 40
Figura 41. Procedimiento de ajuste de matriz en Visum. Fuente: Elaboración propia. 41
Figura 42. Asignación de transporte público. Fuente: Elaboración propia 42
Figura 43. Ajuste lineal de pasajeros modelados y observados. Fuente: Elaboración propia. 45
Figura 44. Ajuste lineal de pasajeros modelados y observados sin Av. Universidad norte-sur. Fuente: Elaboración propia. 45
Figura 45. Asignación de vehículos. Fuente: Elaboración propia. 46
Figura 46. Ajuste lineal de vehículos modelados y observados. Fuente: Elaboración propia. 47
Figura 47. Corredores con levantamiento de tiempos de recorrido. Fuente: Elaboración propia. 48
Figura 48. Representación de la red vial de la zona de estudio en PTV VISSIM. 50
Figura 49. Ejemplo de atributos en una calle (enlace) de la red modelada en VISSIM 51
Figura 50. Atributos modificables para la modelación de vehículos en VISSIM. 52
Figura 51. Ejemplo de las diferentes clases de vehículos para modelación en VISSIM 52
Figura 52. Ejemplo de representación de rutas en PTV VISSIM. 53
Figura 53. Coeficiente de correlación lineal entre los volúmenes aforados y los observados. 57
Figura 54. Esquema de velocidades 58
Figura 55. Comparación de puntos conflictivos modelo/sitio 60
Figura 56. Esquema de Niveles de servicio 61
Figura 57. Paradas existentes tipo 1 63
Figura 58. Paradas existentes tipo 2 64
Figura 59. Paradas existentes tipo 3 65
Figura 60. Sistema de transporte integrado 69

Figura 61. Nueva ruta de transporte MOVITAB – S01 71
Figura 62. Nueva ruta de transporte MOVITAB – S02 73
Figura 63. Nueva ruta de transporte MOVITAB – S03 74
Figura 64. Nueva ruta de transporte MOVITAB – S04 75
Figura 65. Nueva ruta de transporte MOVITAB – S05 76
Figura 66. Nueva ruta de transporte MOVITAB – S06 77
Figura 67. Transporte Fluvial 78
Figura 68. Esquemático del gestor de escenarios en VISUM 80
Figura 69. Mapa de las rutas reestructuradas identificadas en el escenario 25W 81
Figura 70. Flujo de pasajeros en el SIT – Escenario 1 83
Figura 71. Flujo de pasajeros en el SIT – Escenario 2 85
Figura 72. Flujo de pasajeros en el SIT – Escenario 3 86
Figura 73. Flujo de pasajeros en el SIT – Escenario 4 87
Figura 74. Flujo de pasajeros en el SIT. Escenario 4 con extensión de la ruta S02 88
Figura 75. Flujo de pasajeros en el SIT – Escenario 6 90
Figura 76. Potencial ubicación de patios 93
Figura 77. Locación Subestación Ciudad Industrial 94
Figura 78. Locación Subestación Saloya 94
Figura 79. Patio Taller ubicación Bicentenario 97
Figura 80. Vista Frontal del Control de Acceso 98
Figura 81. Zona de cargadores eléctricos 98
Figura 82. Isométrico de la subestación 99
Figura 83. Isométricos de las áreas Administrativa y de Mantenimiento 99
Figura 84. Gestor de escenarios PTV VISM 101
Figura 85. Proyección del parque vehicular de Villahermosa para los próximos 15 años 115
Figura 86. Nivel de servicio por intersección 117
Figura 87. Esquema de velocidades 118
Figura 88. Niveles de servicio por intersección 119
Figura 89. Esquema de velocidades 120
Figura 90. Niveles de servicio por intersección 122
Figura 91. Esquema de velocidades 123
Figura 92. Niveles de servicio por intersección 124
Figura 93. Esquema de velocidades 125
Figura 94. Niveles de servicio por intersección 127
Figura 95. Esquema de velocidades 128
Figura 96. Nivel de servicio por intersección 130
Figura 97. Esquema de velocidades 131
Figura 98. Evolución de los tiempos de recorrido dentro del corredor, por Escenario 133
Figura 99. Evolución de las velocidades promedio del corredor, por Escenario 134
Figura 100. Evolución del tiempo perdido dentro por congestión en el corredor, por Escenario. 135

1 INTRODUCCIÓN

El presente documento forma parte del Plan Maestro Villahermosa 2030, elaborado con el propósito de analizar, diagnosticar y proyectar las condiciones actuales y futuras de movilidad en la ciudad de Villahermosa, Tabasco. Este estudio constituye un componente técnico fundamental dentro de la planificación urbana y del sistema de transporte, ya que permite comprender la dinámica de desplazamiento que se desarrolla en el área metropolitana y su interacción con los principales corredores viales que estructuran la ciudad.

El corredor Paseo Tabasco, eje central de este análisis, representa una de las vialidades más relevantes para la conectividad urbana, al articular zonas residenciales, comerciales y administrativas con el centro de la ciudad y con los principales accesos metropolitanos. Su papel dentro de la red vial lo convierte en un punto estratégico para evaluar las condiciones de movilidad actuales, las interacciones con el transporte público, la eficiencia del sistema semafórico y los efectos del crecimiento vehicular proyectado para los próximos años.

En este contexto, el Estudio de Movilidad busca establecer una base técnica sólida que permita comprender las problemáticas existentes y las oportunidades de mejora a nivel operativo y funcional. Para ello, se integra un enfoque metodológico que combina levantamientos de campo, análisis de aforos vehiculares, estudios de tiempos de recorrido y modelación multimodal mediante herramientas especializadas como TRANUS, PTV VISUM y PTV Vissim, abarcando tanto la escala macro (regional) como micro (operacional) del sistema de transporte.

La aplicación de estos modelos permite no solo representar el comportamiento actual de la movilidad, sino también simular distintos escenarios de crecimiento, infraestructura y operación, con el fin de evaluar el desempeño del sistema frente al incremento de la demanda y proponer estrategias para mejorar la eficiencia de la red. En particular, se busca identificar los niveles de servicio, tiempos de recorrido, velocidades promedio y tiempos perdidos que caracterizan la operación del corredor, así como cuantificar los beneficios derivados de las posibles mejoras.

Asimismo, el estudio incorpora el análisis del sistema de transporte público MOVITAB, revisando su cobertura, rutas, frecuencias y puntos de conexión con el eje Paseo Tabasco. Esto permite entender la interacción entre el transporte público y el privado, evaluar su impacto sobre la red vial y proponer alternativas de integración que favorezcan la intermodalidad y la movilidad sostenible.

De esta manera, el documento se consolida como una herramienta técnica integral que apoya la toma de decisiones para la consolidación del Eje Oriente–Poniente de Villahermosa, promoviendo un sistema de transporte más eficiente, equitativo y sustentable, en línea con los objetivos de planeación urbana y movilidad a largo plazo que persigue el municipio.

2 OBJETIVO

El objetivo principal del presente Estudio de Movilidad es diagnosticar, modelar y evaluar el funcionamiento actual y futuro de la movilidad en Villahermosa, con énfasis en el corredor Paseo Tabasco como eje estructurante del sistema vial y del transporte público urbano.

El estudio busca generar información técnica y analítica que sirva como base para formular estrategias de mejora operativa, infraestructura y gestión del transporte, orientadas a consolidar un sistema integral, eficiente y sostenible que responda al crecimiento urbano y a la demanda proyectada en los próximos horizontes de planeación.

De manera paralela, el estudio incorpora un análisis detallado del sistema de transporte público operado por MOVITAB, identificando las características operativas de sus rutas principales: Frigorífico, Méndez, Periférico–Gayabal, Adolfo Ruiz Cortines y Universidad; su cobertura territorial, número de paradas y grado de coincidencia con los corredores de mayor demanda. Este diagnóstico permite reconocer duplicidades, tramos de saturación, deficiencias de conectividad y potenciales puntos de integración intermodal, aspectos clave para el diseño de un Sistema Integrado de Transporte (SIT) en la ciudad.

De manera específica, el estudio busca:

1. Analizar la demanda de transporte público y privado mediante modelación integrada de usos de suelo y transporte.
2. Evaluar la capacidad y nivel de servicio del corredor Paseo Tabasco bajo distintos escenarios de crecimiento vehicular.
3. Calibrar y validar modelos de simulación que representen las condiciones reales de operación.
4. Apoyar la toma de decisiones para la consolidación del Sistema Integrado de Transporte de Villahermosa

3 ALCANCES

El alcance del Estudio de Movilidad comprende tanto el análisis diagnóstico como la evaluación prospectiva del sistema vial y de transporte en Villahermosa, con énfasis en los siguientes componentes:

a) **Diagnóstico operacional**: caracterización del comportamiento vehicular, identificación de la hora de máxima demanda, proporción vehicular, tasas de flujo y factores de congestión.
b) **Modelación macro y micro**: desarrollo y calibración de modelos de transporte (TRANUS, VISUM y VISSIM) que simulan la operación actual y futura del sistema bajo distintos escenarios.
c) **Análisis del sistema MOVITAB**: revisión y evaluación de las rutas actuales del transporte público y su interacción con el corredor Paseo Tabasco.
d) **Evaluación de escenarios**: comparación entre la situación base y las alternativas de mejora, considerando indicadores de desempeño como velocidad, tiempos de recorrido, demoras y niveles de servicio.

4 INFORMACIÓN DE PARTIDA

4.1 Modelo TRANUS

El modelo de demanda de transporte desarrollado por la empresa Modelistica en el software libre TRANUS es un modelo integrado de uso de suelo y transporte basado en el modelo espacial insumo-producto.

Se tiene disponible el modelo en formato *.tuz del software TRANUS. Es importante destacar que el archivo corresponde a la base de datos y no a los resultados de la modelación por lo que primero se corrieron los escenarios 24A y 25W *as is*.

4.1.1 Área de modelación

La zonificación adoptada para la modelación corresponde íntegramente a las AGEB urbanas en el área de estudio. La zonificación se conforma de 184 zonas correspondientes a las AGEB, 1 zona para nuevos desarrollos y 12 que representan las zonas externas. En total el sistema de zonas se conforma de 197.

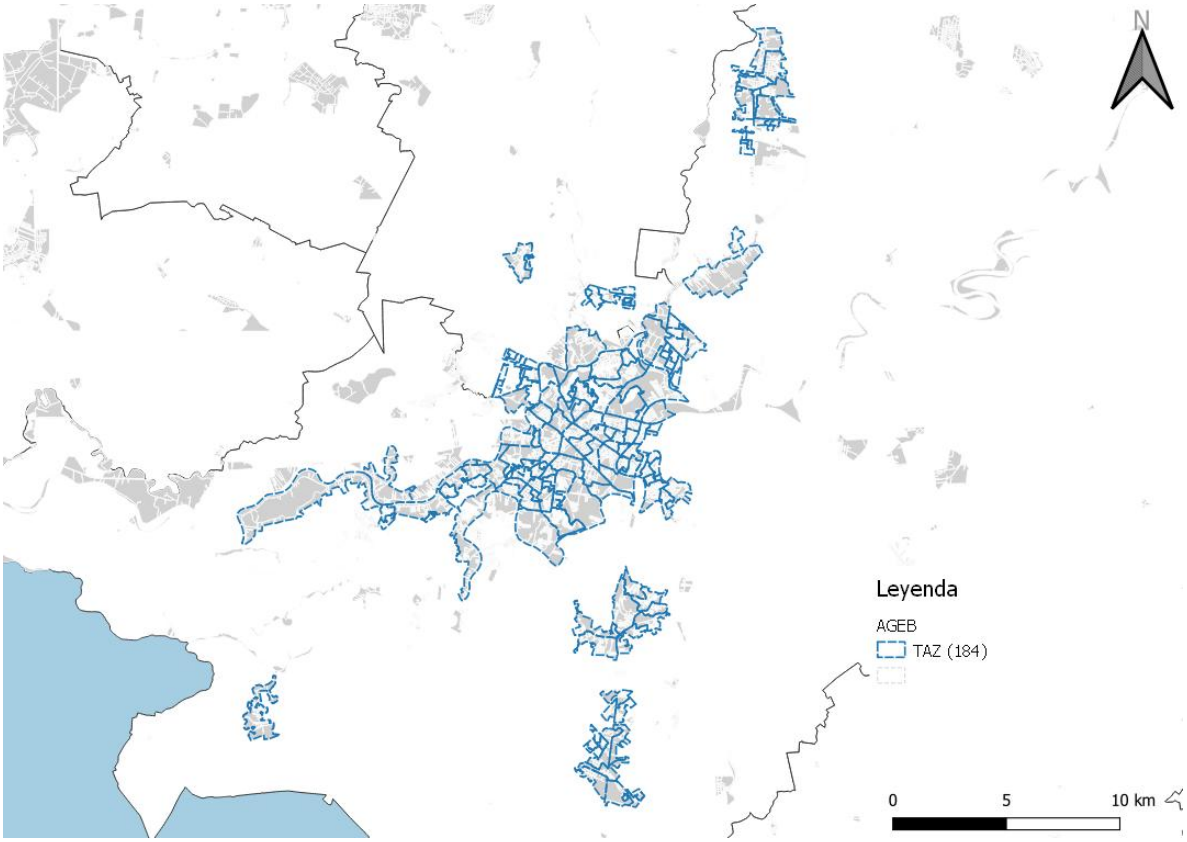


Figura 1. AGEB consideradas en la modelación. Fuente: Elaboración propia.

4.1.2 Red de transporte privado

La red vial utilizada en la modelación en TRANUS se basa en la Red Nacional de Caminos publicada por SCT.

4.1.3 Red de transporte público

La red de transporte público incluye 167 rutas que abarcan las del escenario base como las rutas incluidas en las propuestas. La fuente de información son los trabajos en campo para las 12 rutas de la cuenca de Paseo Tabasco y no se dispone de la fuente para el resto de las rutas.

Adicionalmente, no se cuenta con información oficial sobre la totalidad de rutas actuales lo que impide la validación de la red.

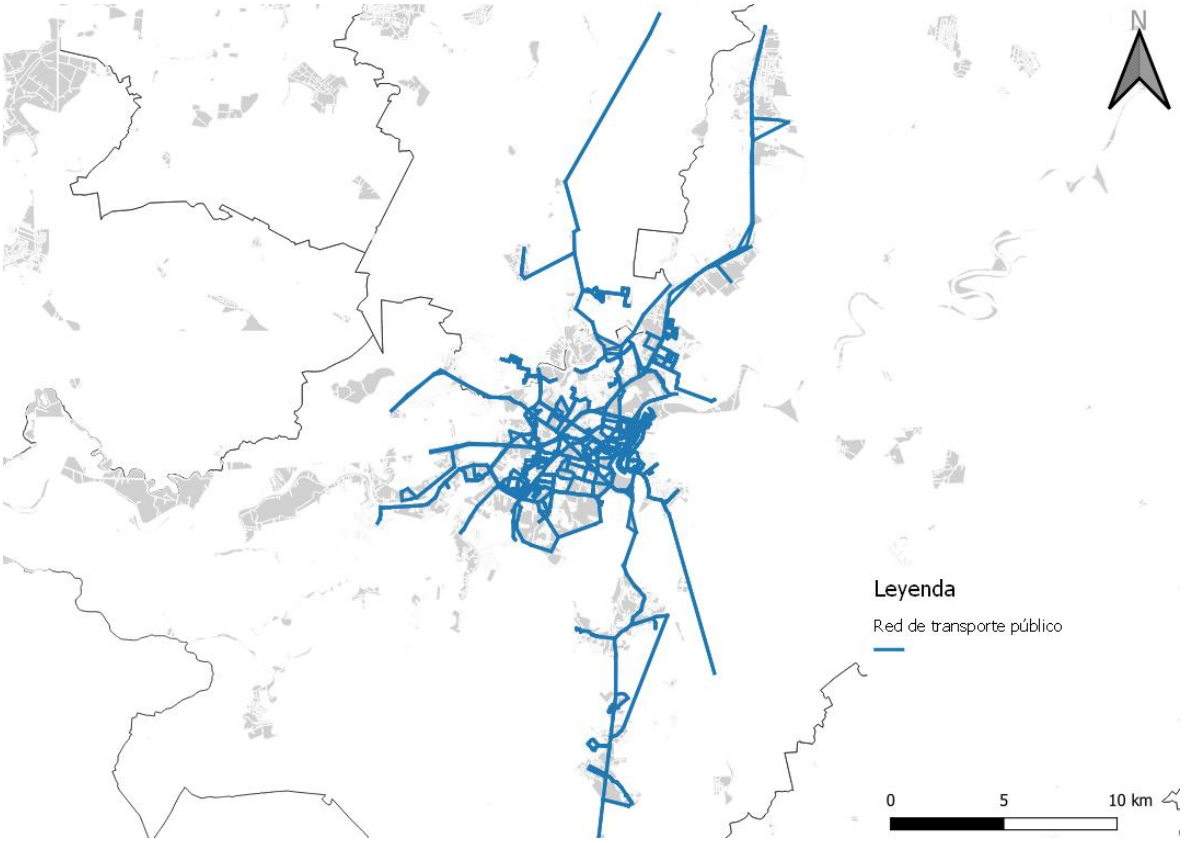


Figura 2. Red vial modelada. Fuente: Elaboración propia.

4.1.4 Periodo de modelación

El periodo de modelación se definió con base en los volúmenes de pasajeros en transporte público dado que el alcance inicial se centraba en la demanda de este segmento. Por lo tanto, se determina de las 7 a las 8 horas como periodo de máxima de manda y por ende de modelación.

4.1.5 Escenarios

El modelo incluye una serie de escenarios que evalúa distintas propuestas de red de transporte público y adecuaciones a la red vial, pero cabe recalcar que los escenarios de interés son el correspondiente situación en año base, 24A, y el escenario final del Sistema Integrado de Transporte, 25W.

4.2 Levantamiento de campo

Dentro de los diversos estudios de ingeniería de tránsito que pueden realizarse para identificar patrones de movilidad en una zona de interés, se encuentran aquellos cuyo objetivo es obtener datos relacionados con el movimiento vehicular en puntos o secciones específicas de un sistema vial. Estos datos se expresan en función del tiempo y, a partir de su análisis, es posible desarrollar metodologías que permitan estimar de manera razonable la calidad del servicio que el sistema ofrece a los usuarios.

En este contexto, el tipo de datos recolectados en un estudio de volúmenes de tránsito depende en gran medida de la finalidad específica del análisis. Por ejemplo, algunos estudios requieren información detallada como la composición vehicular y los movimientos direccionales, mientras que otros solo demandan el conocimiento de los volúmenes totales de tránsito. Asimismo, la duración del período de aforo puede variar según los objetivos del estudio: en algunos casos es suficiente con registrar el flujo vehicular durante intervalos cortos, como una hora o menos, mientras que en otros se requieren registros continuos por un día, una semana, un mes o incluso un año completo.

4.2.1 Aforos vehiculares

Si bien existen diversas metodologías para obtener recuentos de volúmenes de tránsito, los aforos vehiculares resultan especialmente útiles para identificar el volumen de los movimientos direccionales en intersecciones o en secciones definidas de una vía, así como para analizar las fluctuaciones de los flujos vehiculares a lo largo del día y determinar la composición del tránsito según los tipos de vehículos que lo conforman.

Para conocer la dinámica y patrones de movilidad sobre Paseo Tabasco, se realizaron una serie de estudios enfocados en obtener los flujos vehiculares del corredor y su interacción con los distintos dispositivos de control de tránsito ubicados a lo largo del mismo. Estos estudios se enumeran a continuación.

4.2.1.1 *Aforos pantalla*

Se definieron dos estaciones de conteo en un día típico (miércoles) los cuales registraron información de los volúmenes vehiculares de Paseo Tabasco durante un periodo de 14 hrs. Los puntos del levantamiento fueron:

1. AF01: Paseo Tabasco y Ruiz Cortines
2. AF02: Paseo Tabasco y Gregorio Méndez.

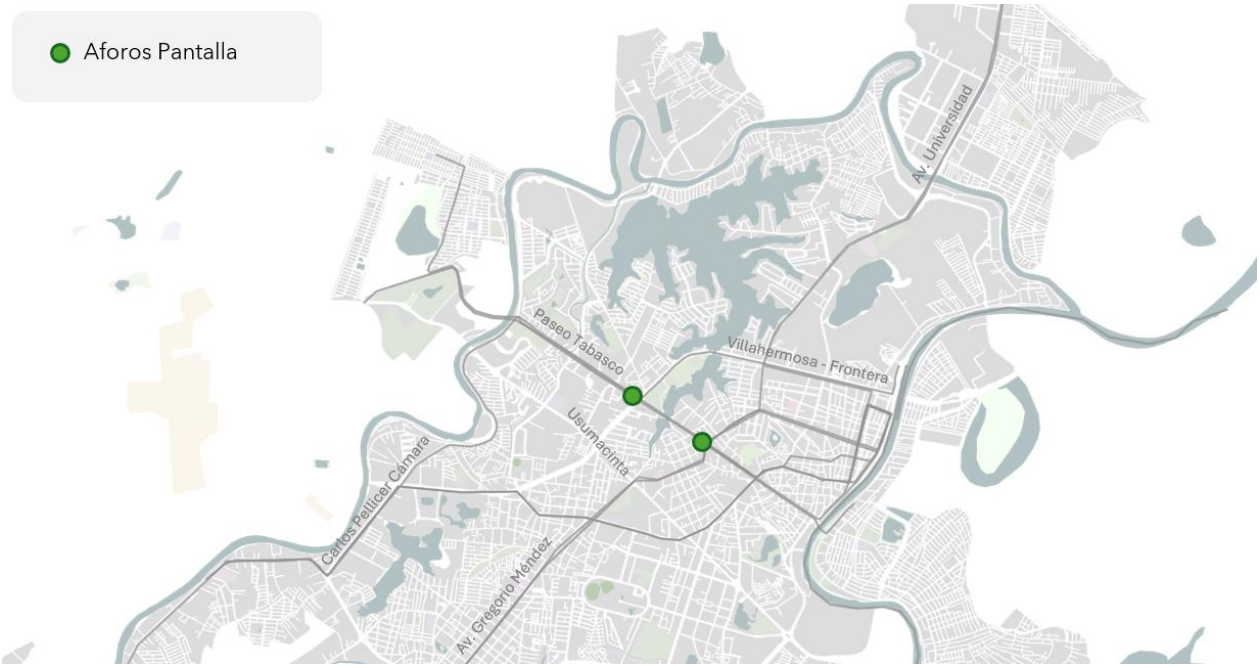


Figura 3. Puntos de aforo pantalla

4.2.1.2 *Aforos vehiculares direccionales*

Para conocer los volúmenes direccionales en intersecciones importantes/conflictivas dentro del corredor, se ubicaron ocho puntos de conteos, los cuales registraron los flujos vehiculares en las principales intersecciones de Paseo Tabasco, discriminando dichos flujos según su movimiento y tipo de vehículo durante un periodo de 8 hrs. Los puntos del levantamiento fueron:

1. AD01: Paseo Tabasco y Periférico Carlos Pellicer Cámara
2. AD02: Paseo Tabasco y 27 Febrero (Venta)
3. AD03: Paseo Tabasco y Adolfo Ruiz Cortines
4. AD04: Paseo Tabasco y Av. Gregorio Méndez
5. AD05: Paseo Tabasco y Calle 8 horas
6. AD06: Paseo Tabasco y Av. 27 de Febrero
7. AD07: Paseo Tabasco y Av. Francisco Javier Mina
8. AD08: Av. Paseo Tabasco y malecón Carlos A Madrazo

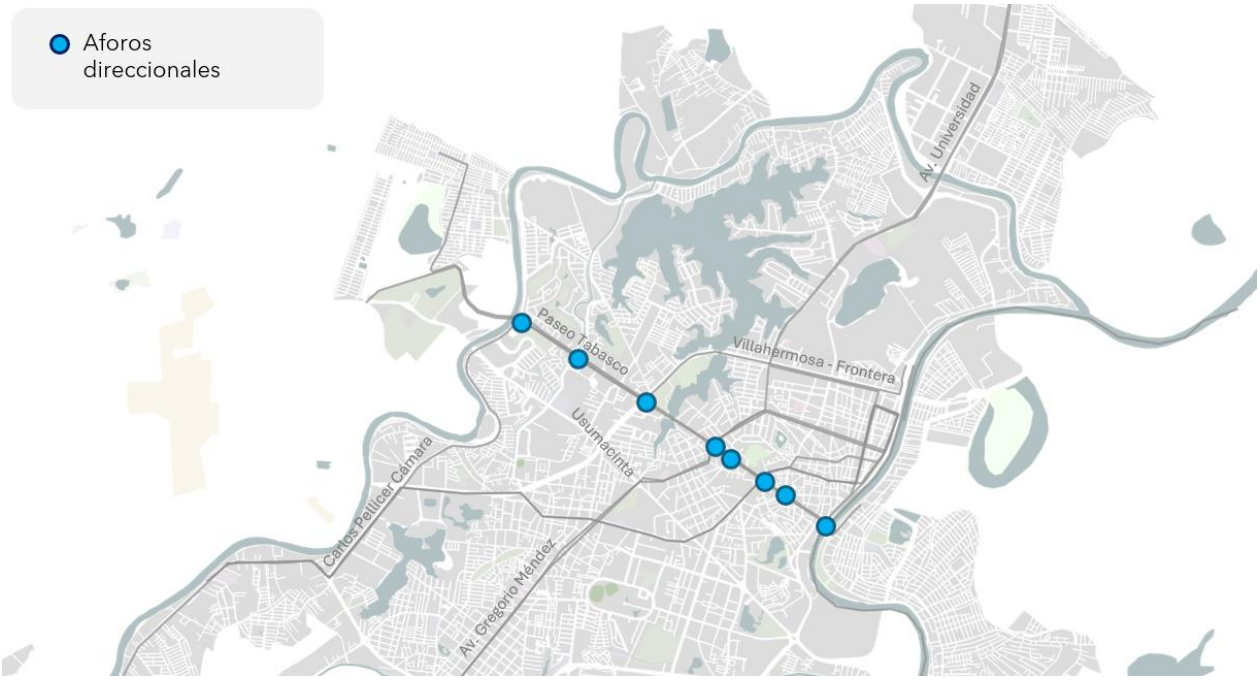


Figura 4. Puntos de aforo direccional

4.2.2 Levantamiento de Fases y ciclo semafórico

Adicional a los flujos vehiculares, es necesario conocer la interacción que tienen los usuarios de Paseo Tabasco con los diferentes dispositivos de control de tránsito, para ello, se realizó un levantamiento de las fases y ciclos semafóricos de las intersecciones semaforizadas del corredor. Dichas intersecciones se muestran a continuación:

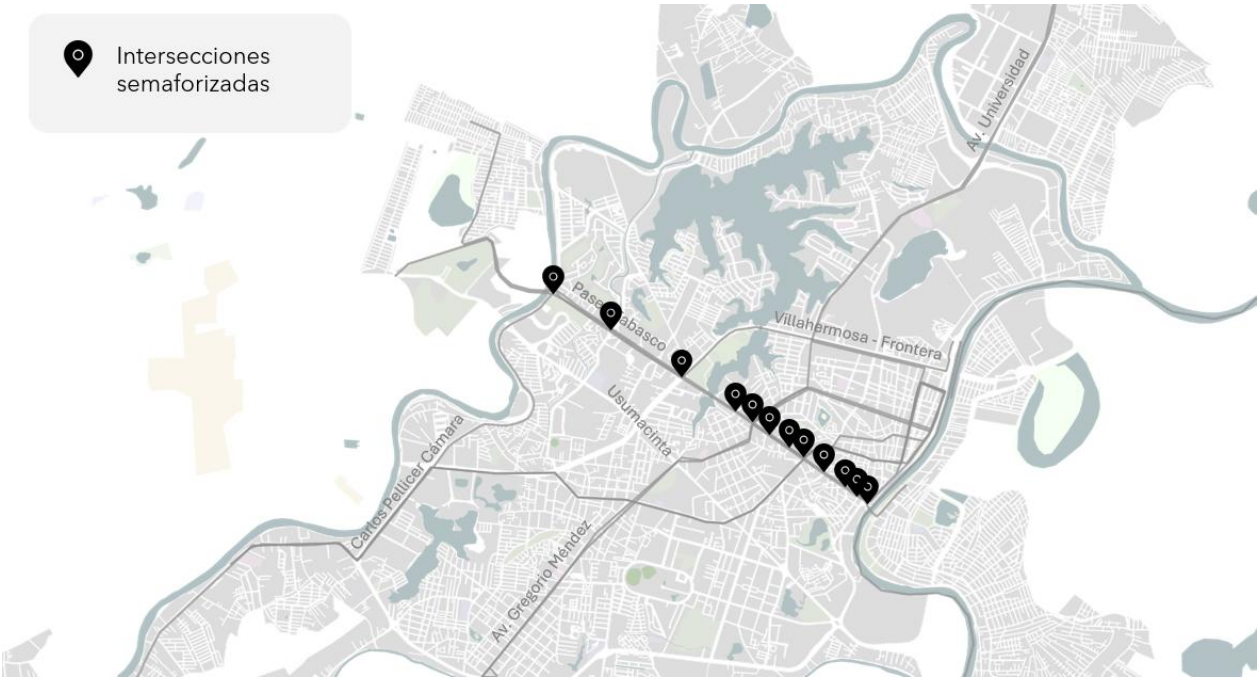


Figura 5. Intersecciones semaforizadas

4.2.2.1 *Av. Paseo Tabasco y Periférico Carlos Pellicer Cámara*

Esta intersección presenta un esquema de 3 fases semafóricas distribuidas en un tiempo de Ciclo Óptimo (CO) de 145 seg.

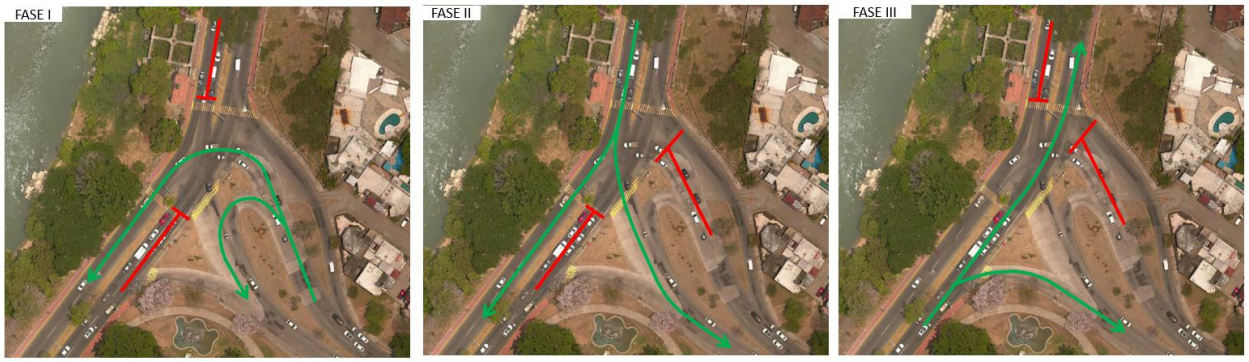


Figura 6. Fases semafóricas Intersección 01 Av. Paseo Tabasco y Periférico Carlos Pellicer Cámara

Fase	CO	gi	Ai	Ri	Tri
I	145	27	3	113	2
II	145	55	3	85	2
III	145	48	3	92	2

Tabla 1. Distribución de tiempos por fase

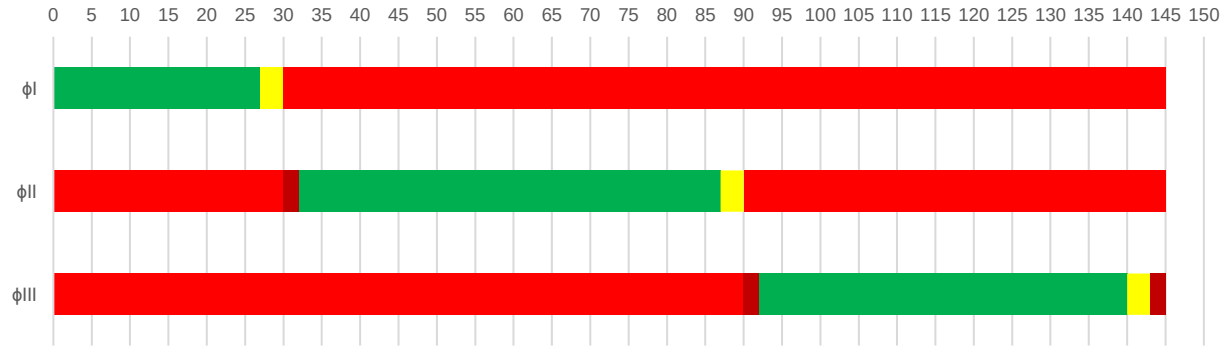


Figura 7. Diagrama de Webster Intersección 01 Av. Paseo Tabasco y Periférico Carlos Pellicer Cámara

4.2.2.2 *Av. Paseo Tabasco y Av. 27 de Febrero - La Venta*

Esta intersección presenta un esquema de 4 fases semafóricas distribuidas en un tiempo de Ciclo Óptimo (CO) de 138 seg.

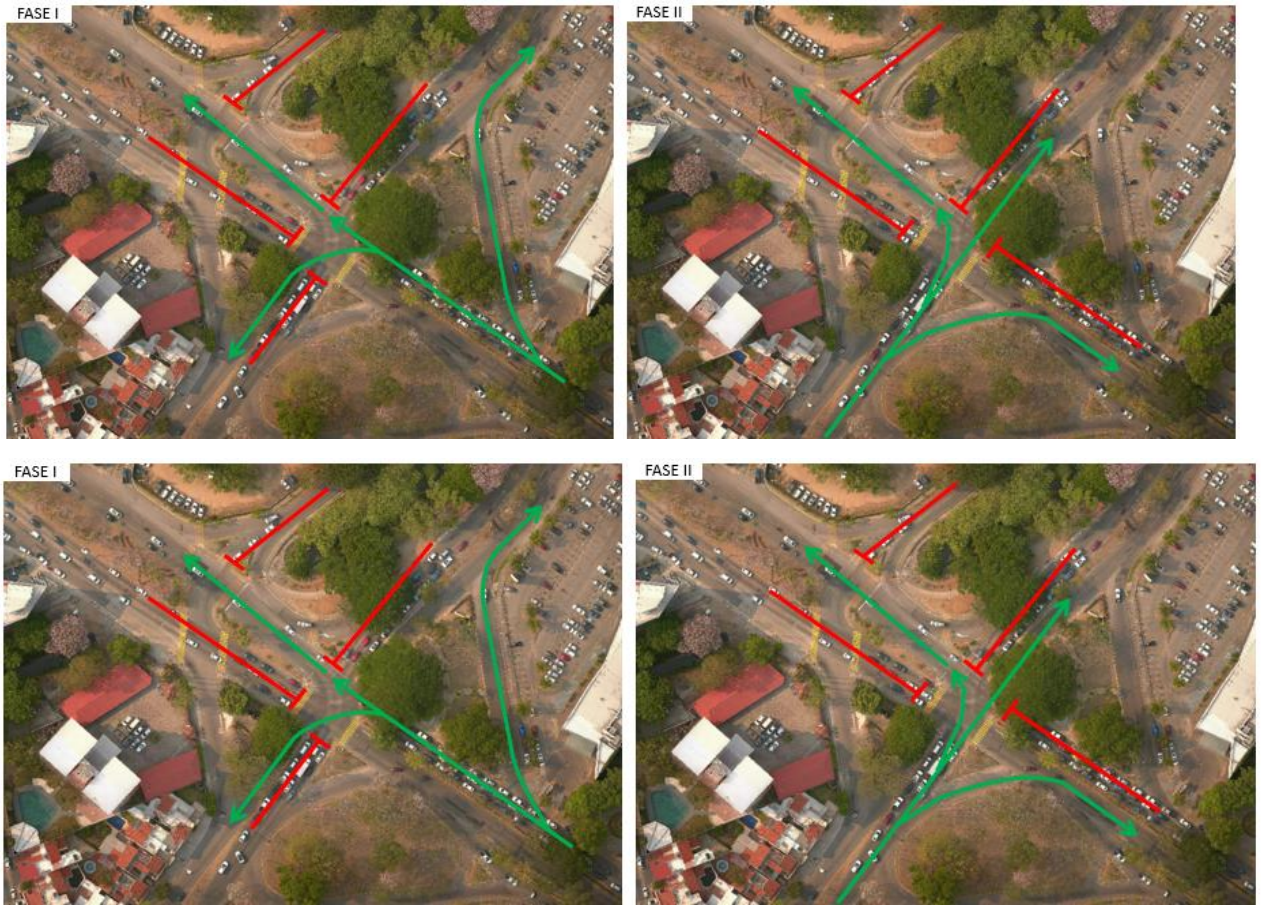


Figura 8. Fases semafóricas Intersección 02 Av. Paseo Tabasco y Av. 27 de Febrero - La Venta

Fase	CO	gi	Ai	Ri	Tri
I	138	30	3	103	2
II	138	30	3	103	2
II	138	65	3	68	2
III	138	24	3	109	2
III	138	22	3	111	2
IV	138	32	3	101	2
IV	138	36	3	97	2

Tabla 2. Distribución de tiempos por fase

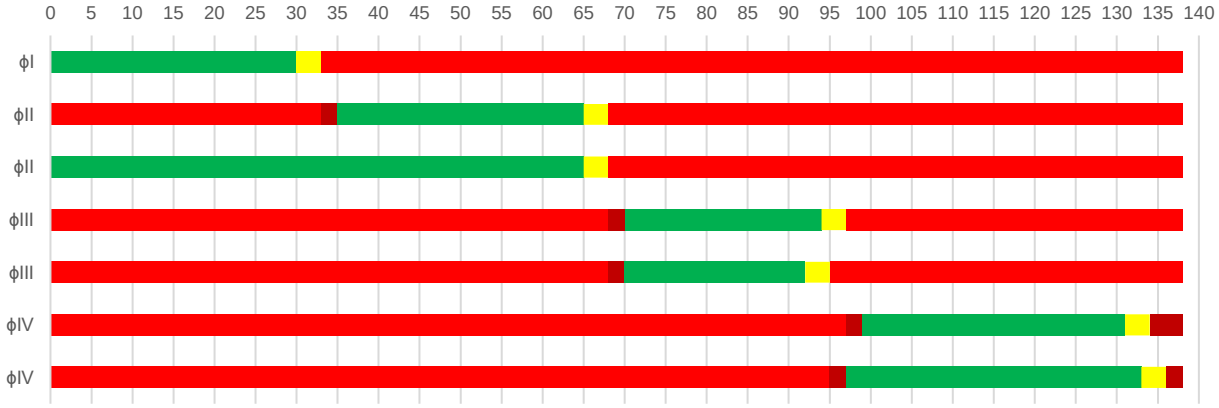
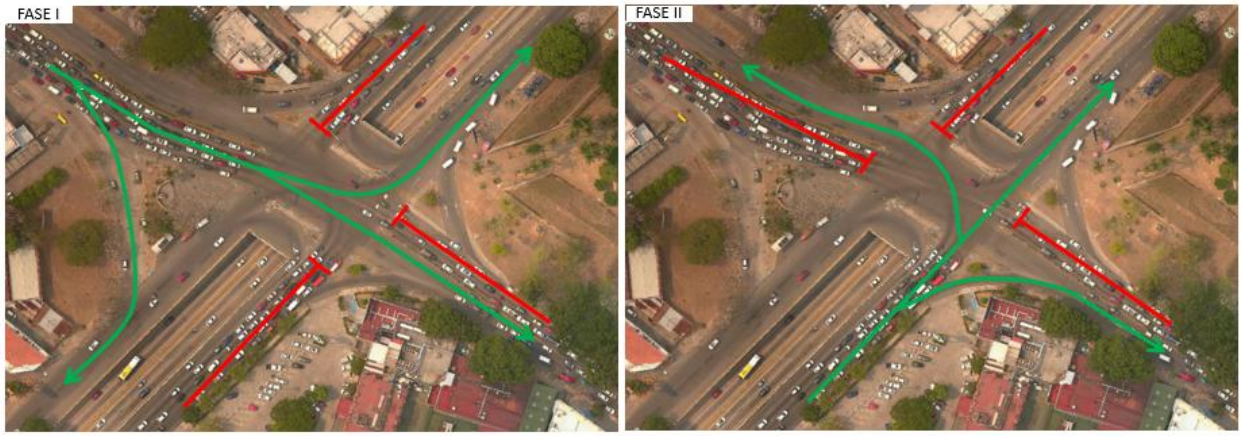


Figura 9. Diagrama de Webster Intersección 02 Av. Paseo Tabasco y Av. 27 de Febrero - La Venta

4.2.2.3 *Av. Paseo Tabasco y Blvd. Adolfo Ruiz Cortines*

Esta intersección presenta un esquema de 4 fases semafóricas distribuidas en un tiempo de Ciclo Óptimo (CO) de 164 seg.



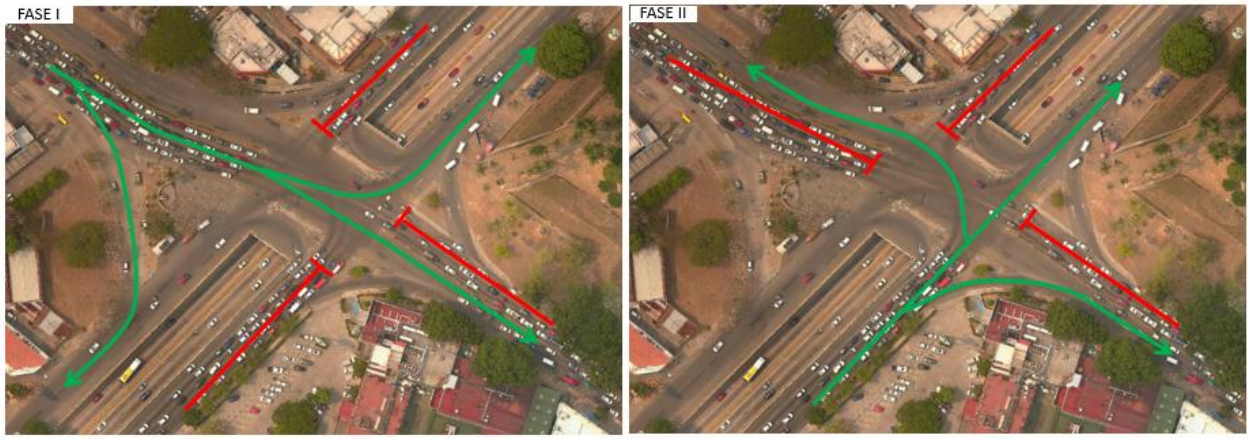


Figura 10. Fases semafóricas Intersección 03 Av. Paseo Tabasco y Blvd. Adolfo Ruiz Cortines

Fase	CO	gi	Ai	Ri	Tri
I	164	42	3	117	2
II	164	30	3	129	2
III	164	36	3	123	2
IV	164	36	3	123	2

Tabla 3. Distribución de tiempos por fase

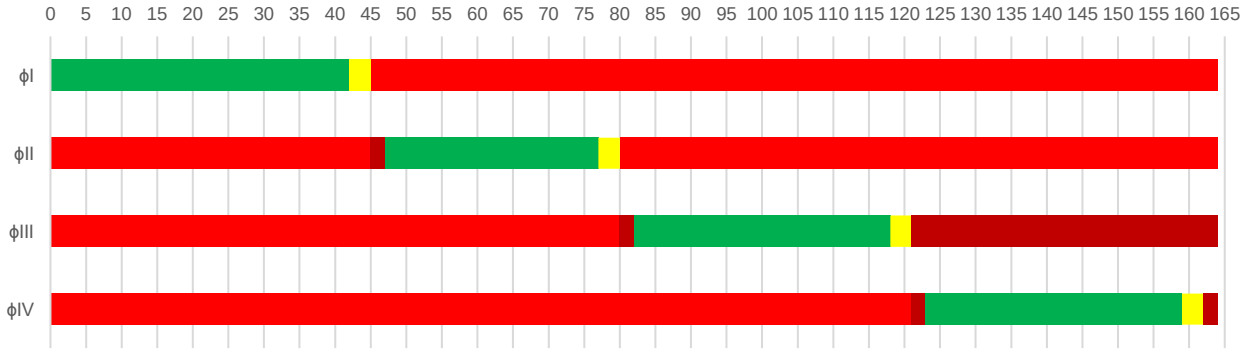


Figura 11. Diagrama de Webster Intersección 03 Av. Paseo Tabasco y Blvd. Adolfo Ruiz Cortines

4.2.2.4 *Av. Paseo Tabasco y Av. Gregorio Méndez Magaña*

Esta intersección presenta un esquema de 4 fases semafóricas distribuidas en un tiempo de Ciclo Óptimo (CO) de 123 seg.



Figura 12. Fases semafóricas Intersección 04 Av. Paseo Tabasco y Av. Gregorio Méndez Magaña

Fase	CO	gi	Ai	Ri	Tri
I	123	72	3	46	2
I	123	26	3	92	2
II	123	41	3	77	2
III	123	36	3	82	2
III	123	10	3	108	2
IV	123	26	3	92	2

Tabla 4. Distribución de tiempos por fase

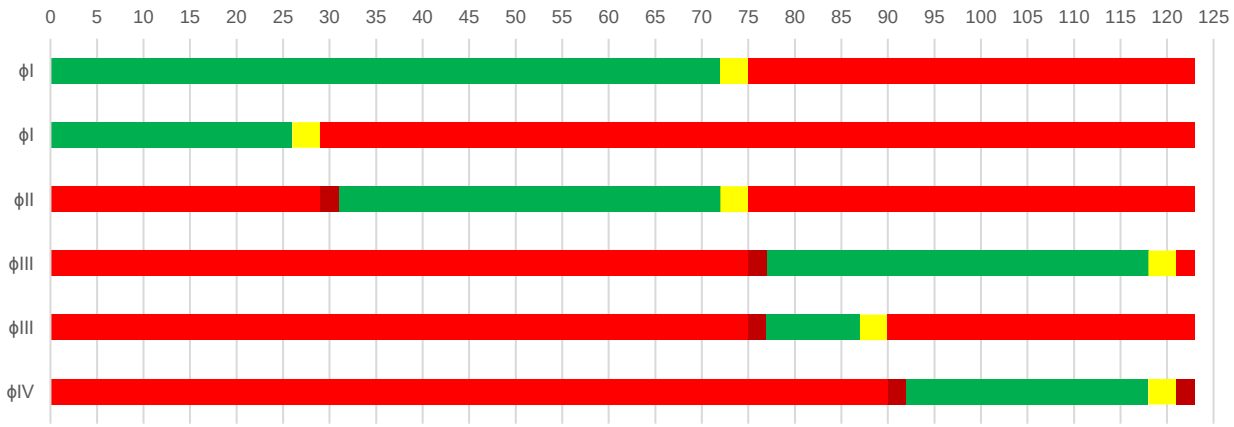


Figura 13. Diagrama de Webster Intersección 04 Av. Paseo Tabasco y Av. Gregorio Méndez Magaña

4.2.2.5 *Av. Paseo Tabasco y Calle Ocho Horas*

Esta intersección presenta un esquema de 2 fases semafóricas distribuidas en un tiempo de Ciclo Óptimo (CO) de 122 seg.



Figura 14. Fases semafóricas Intersección 05 Av. Paseo Tabasco y Calle Ocho Horas

Fase	CO	gi	Ai	Ri	Tri
I	122	67	3	50	2
II	122	45	3	72	2

Tabla 5. Distribución de tiempos por fase

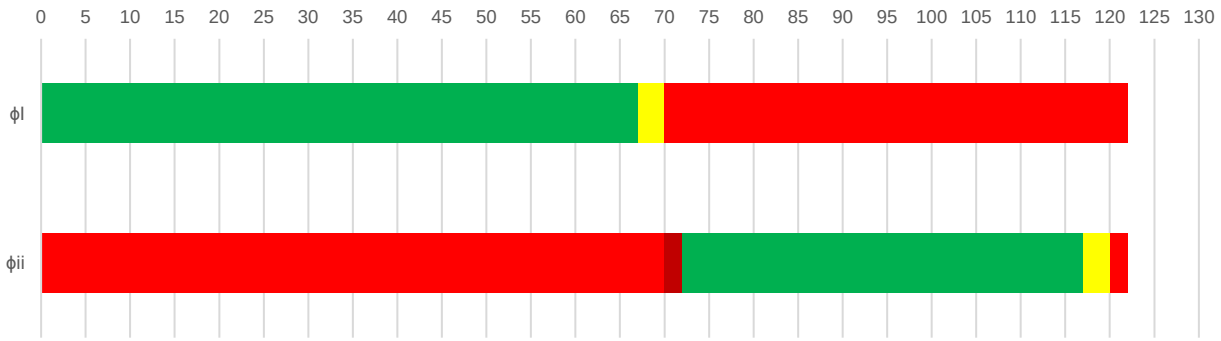


Figura 15. Diagrama de Webster Intersección 05 Av. Paseo Tabasco y Calle Ocho Horas

4.2.2.6 *Av. Paseo Tabasco y Av. 27 de Febrero*

Esta intersección presenta un esquema de 4 fases semafóricas distribuidas en un tiempo de Ciclo Óptimo (CO) de 122 seg.



Figura 16. Fases semafóricas Intersección 06 Av. Paseo Tabasco y Av. 27 de Febrero

Fase	CO	gi	Ai	Ri	Tri
I	122	62	3	55	2
I	122	31	3	86	2
II	122	26	3	91	2
III	122	50	3	67	2
III	122	33	3	84	2
IV	122	12	3	105	2

Tabla 6. Distribución de tiempos por fase

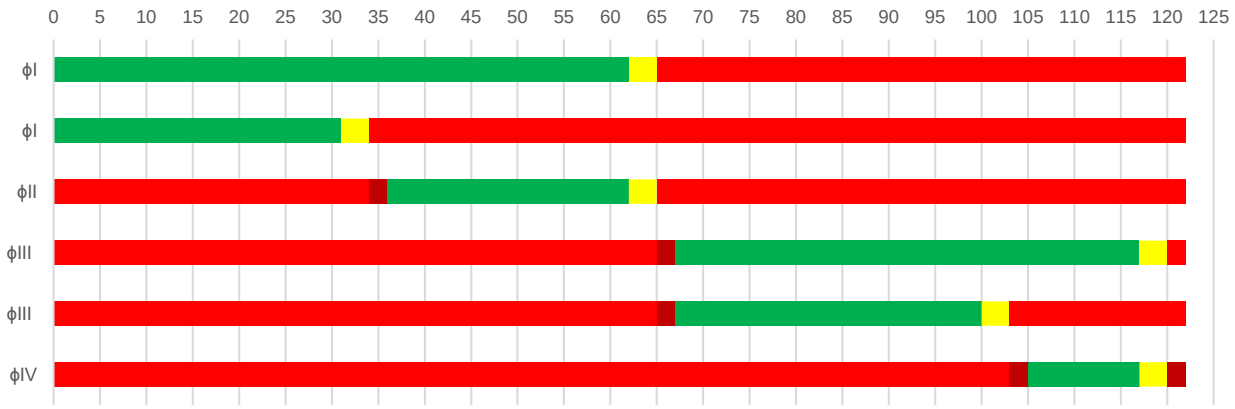


Figura 17. Diagrama de Webster Intersección 06 Av. Paseo Tabasco y Av. 27 de Febrero

4.2.2.7 *Av. Paseo Tabasco y Av. Francisco Javier Mina*

Esta intersección presenta un esquema de 2 fases semafóricas distribuidas en un tiempo de Ciclo Óptimo (CO) de 122 seg.

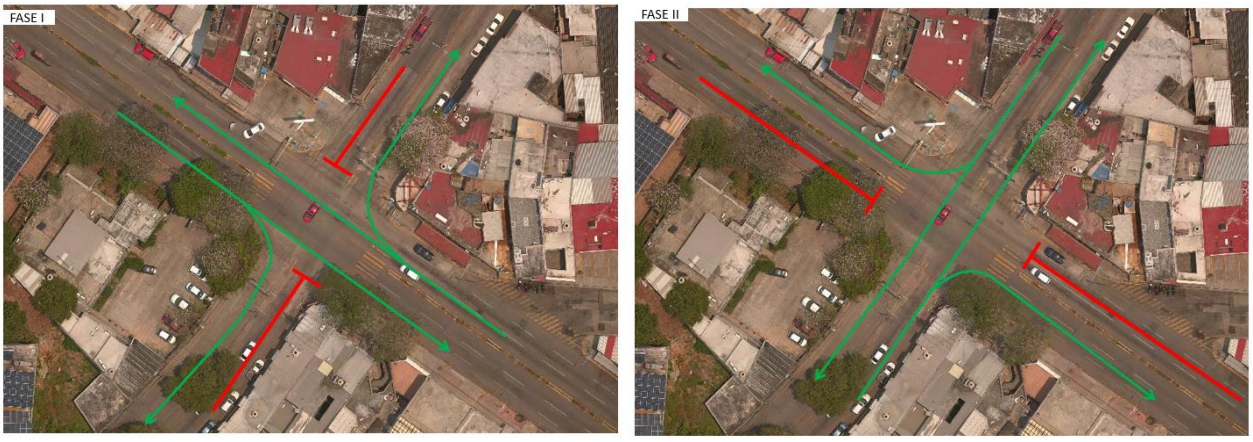


Figura 18. Fases semafóricas Intersección 07 Av. Paseo Tabasco y Av. Francisco Javier Mina

Fase	CO	gi	Ai	Ri	Tri
I	122	67	3	50	2
II	122	45	3	72	2

Tabla 7. Distribución de tiempos por fase

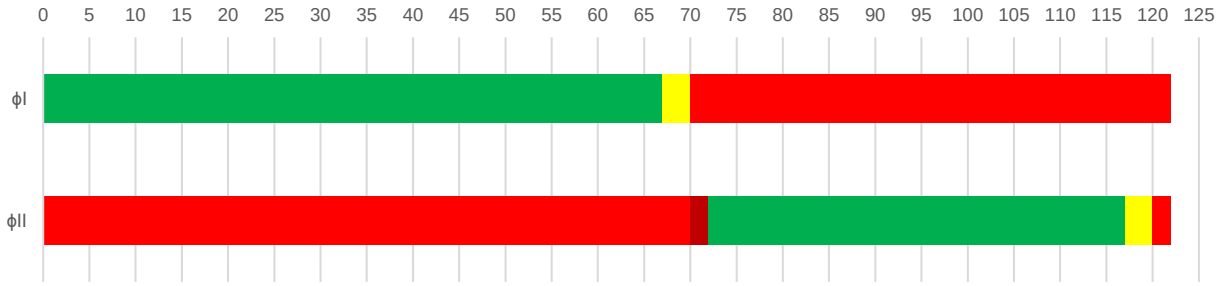


Figura 19. Diagrama de Webster Intersección 07 Av. Paseo Tabasco y Av. Francisco Javier Mina

4.2.2.8 *Av. Paseo Tabasco y malecón Carlos A. Madrazo B.*

Esta intersección presenta un esquema de 2 fases semafóricas distribuidas en un tiempo de Ciclo Óptimo (CO) de 122 seg.





Figura 20. Fases semafóricas Intersección 08 Av. Paseo Tabasco y malecón Carlos A. Madrazo B.

Fase	CO	gi	Ai	Ri	Tri
I	122	20	3	97	2
II	122	36	3	81	2
III	122	16	3	101	2
IV	122	30	3	87	2

Tabla 8. Distribución de tiempos por fase

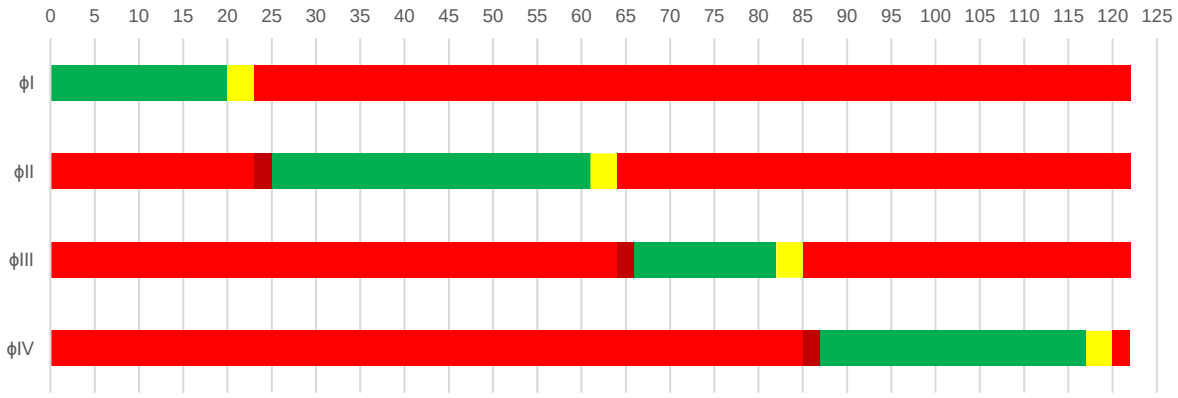


Figura 21. Diagrama de Webster Intersección 08 Av. Paseo Tabasco y malecón Carlos A. Madrazo B.

4.3 Sistema de transporte – MOVITAB

Actualmente el sistema de transporte público operado por MOVITAB, considerando cinco rutas las cuales suman una extensión de 96.5 km aproximadamente considerando recorridos de ida y vuelta, además de 226 paradas. Las cinco rutas que integran el sistema actual y las cuales serán analizadas en este apartado, son las siguientes:

1. Ruta Frigorífico,
2. Ruta Av. Gregorio Méndez,
3. Ruta Av. Adolfo Ruiz Cortines,

4. Ruta Av. Universidad, y
5. Ruta Periférico – Gayabal.

Estas rutas recorren zonas clave de la ciudad, abarcando las zonas del centro, sur, norte, poniente y oriente, y su recorrido es a lo largo de ejes viales estratégicos que facilitan la conectividad urbana. A continuación, se mencionan las principales vialidades por las que circulan las rutas de transporte analizadas:

- **Periférico Carlos Pellicer Cámara:** Funciona como vía rápida de enlace entre distintos sectores de Villahermosa, además de que conecta con avenidas importantes como Ruiz Cortines y Gregorio Méndez Magaña.
- **Carretera Villahermosa la Isla:** Conecta el área urbana con zonas del sur-suroeste de la ciudad. Es una vía fundamental para rutas como la Frigorífico, que enlaza zonas periféricas con el centro de la ciudad.
- **Boulevard Adolfo Ruiz Cortines:** Es una de las vialidades principales de Villahermosa, la cual facilita el desplazamiento entre zonas residenciales y comerciales, permitiendo una movilidad sin atravesar el centro urbano.
- **Avenida Universidad:** Se consolida como un eje estructurante del transporte colectivo, conectando zonas educativas con otras partes de la ciudad.
- **Avenida Gregorio Méndez Magaña:** Es una vialidad que enlaza zonas residenciales y comerciales, y se conecta directamente con el Periférico Carlos Pellicer Cámara, lo que la hace relevante en los recorridos del transporte público.
- **Avenida 27 de febrero:** Atraviesa varias zonas de Villahermosa y conecta zonas residenciales, comerciales y de servicios. Gracias a su trazado esta vialidad se considera como una de las vialidades importantes para la movilidad urbana y transporte público.

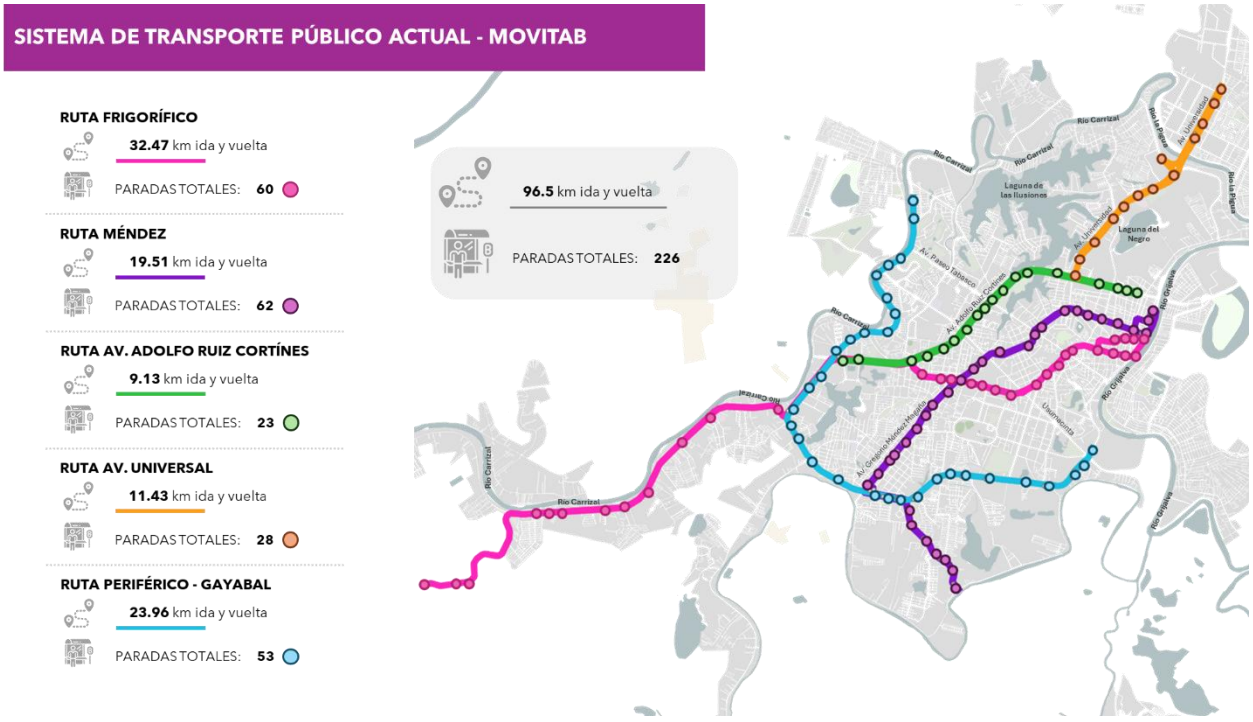


Figura 22. Sistema de transporte público - MOVITAB

A continuación se describen cada una de las rutas.

4.3.1 Ruta Frigorífico

La Ruta Frigorífico cuenta con una longitud de aproximadamente **32.47 km** considerando el recorrido de ida y vuelta, además de **60 paradas**, es una de las rutas de mayor longitud en Villahermosa. Recorre el municipio de poniente a oriente y atravesando zonas clave por lo que se caracteriza por ser una vialidad importante en temas de transporte público.

Esta ruta conecta sectores de la periferia de baja densidad ubicados en el poniente, hasta zonas centrales y más consolidadas ubicadas al oriente de la ciudad, lo que permite conectar zonas alejadas con el centro urbano, favoreciendo la movilidad de usuarios que residen en las periferias.

Es una vialidad que cruza ejes viales como:

- Periférico Carlos Pellicer Cámara
- Av. Gregorio Méndez Magaña
- Boulevard Adolfo Ruiz Cortines
- Av. 27 de febrero
- Usumacinta
- Paseo Tabasco

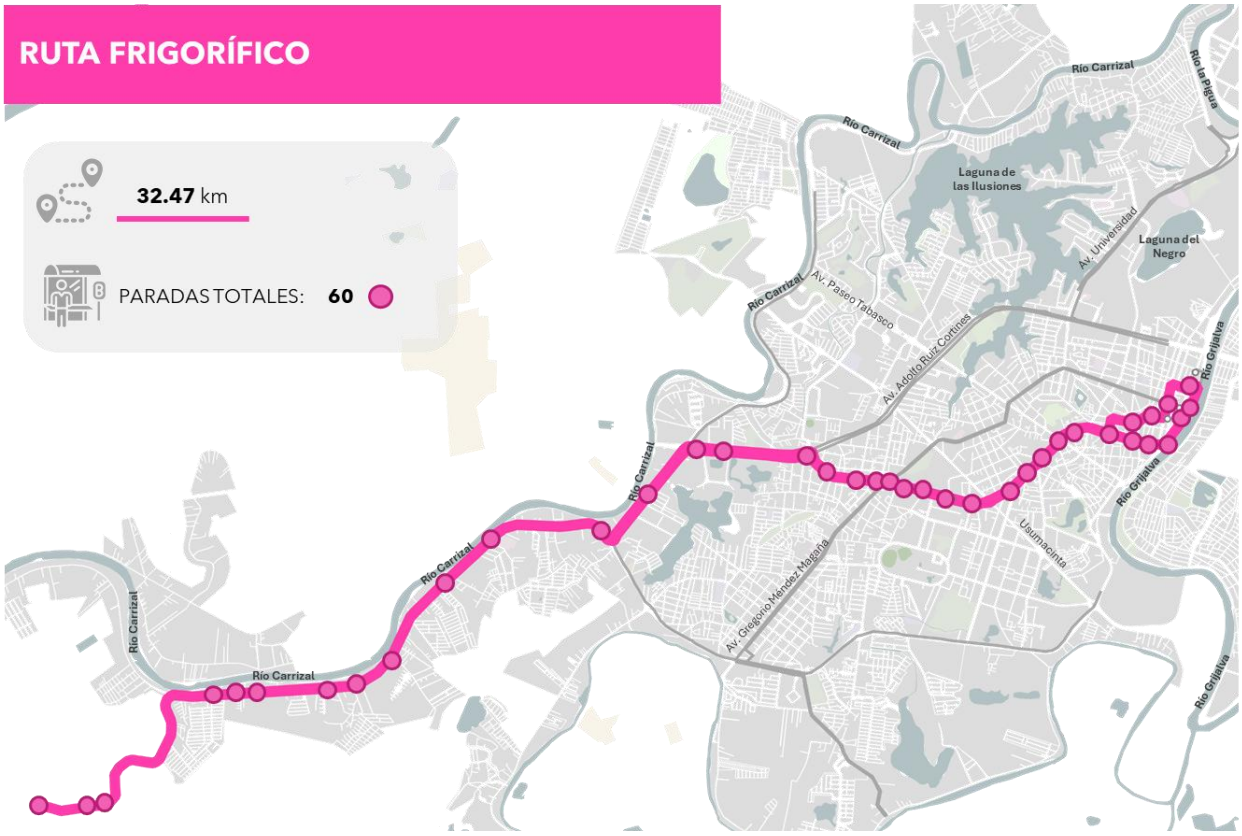


Figura 23. Ruta actual – Frigorífico

4.3.2 Ruta Méndez

La Ruta Méndez tiene una longitud aproximada de **19.51 km** y cuenta con **62 paradas** a lo largo de su recorrido. Esta ruta se caracteriza por la relevancia que tiene en temas de conectividad, ya que atraviesa zonas clave de la ciudad desde el sur hasta el norte, lo que ayuda a facilitar el acceso entre zonas residenciales, comerciales y de servicios públicos.

Esta ruta permite la conexión de las zonas del sur de la ciudad, en las cuales predomina el uso de suelo residencial de baja densidad, con sectores urbanos más consolidados y céntricos al norte, contribuyendo a la movilidad cotidiana de los usuarios que requieren un traslado eficiente hacia sus centros de trabajo, estudio o servicios.

Durante su trayecto, la Ruta Méndez recorre y se conecta con importantes ejes viales de Villahermosa, como:

- Av. Gregorio Méndez Magaña
- Boulevard Adolfo Ruiz Cortines
- Periférico Carlos Pellicer Cámara
- Río Grijalva
- Usumacinta
- Paseo Tabasco

Gracias a esta longitud y conectividad, la Ruta Méndez se considera como un eje importante dentro del sistema de transporte público en Villahermosa, permitiendo la integración de zonas residenciales con corredores de alta demanda.

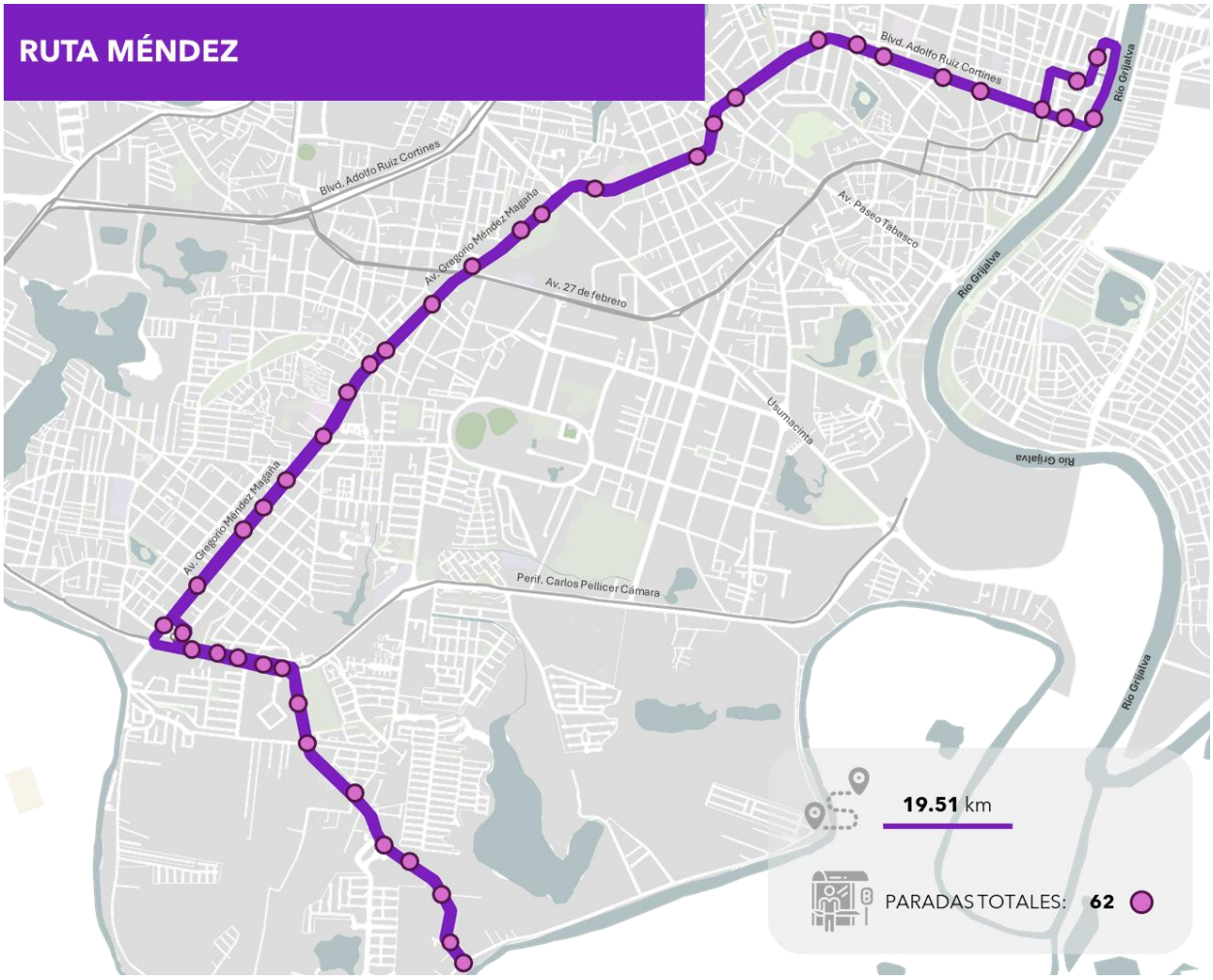


Figura 24. Ruta actual – Méndez

4.3.3 Ruta Periférico – Gayabal

La Ruta Periférico – Gayabal tiene una longitud aproximada de **23.96 km** considerando el recorrido de ida y vuelta, y cuenta con **53 paradas**, recorre gran parte de la ciudad de poniente a oriente conectando las periferias con zonas más consolidadas.

Esta ruta conecta zonas de menor densidad poblacional ubicadas en al poniente con zonas urbanas y centros de actividad ubicados en el oriente, ayudando a la movilidad de usuarios que viven en las periferias y requieren acceso a los principales corredores urbanos.

Durante su trayecto atraviesa y conecta con importantes ejes viales de Villahermosa como:

- Periférico Carlos Pellicer Cámara
- Av. Gregorio Méndez Magaña
- Bulevar Adolfo Ruiz Cortines
- Usumacinta
- Paseo Tabasco

Por su longitud y conexión con estos corredores, la Ruta Periférico – Gayabal funciona como un eje estructurante del transporte público en la ciudad.

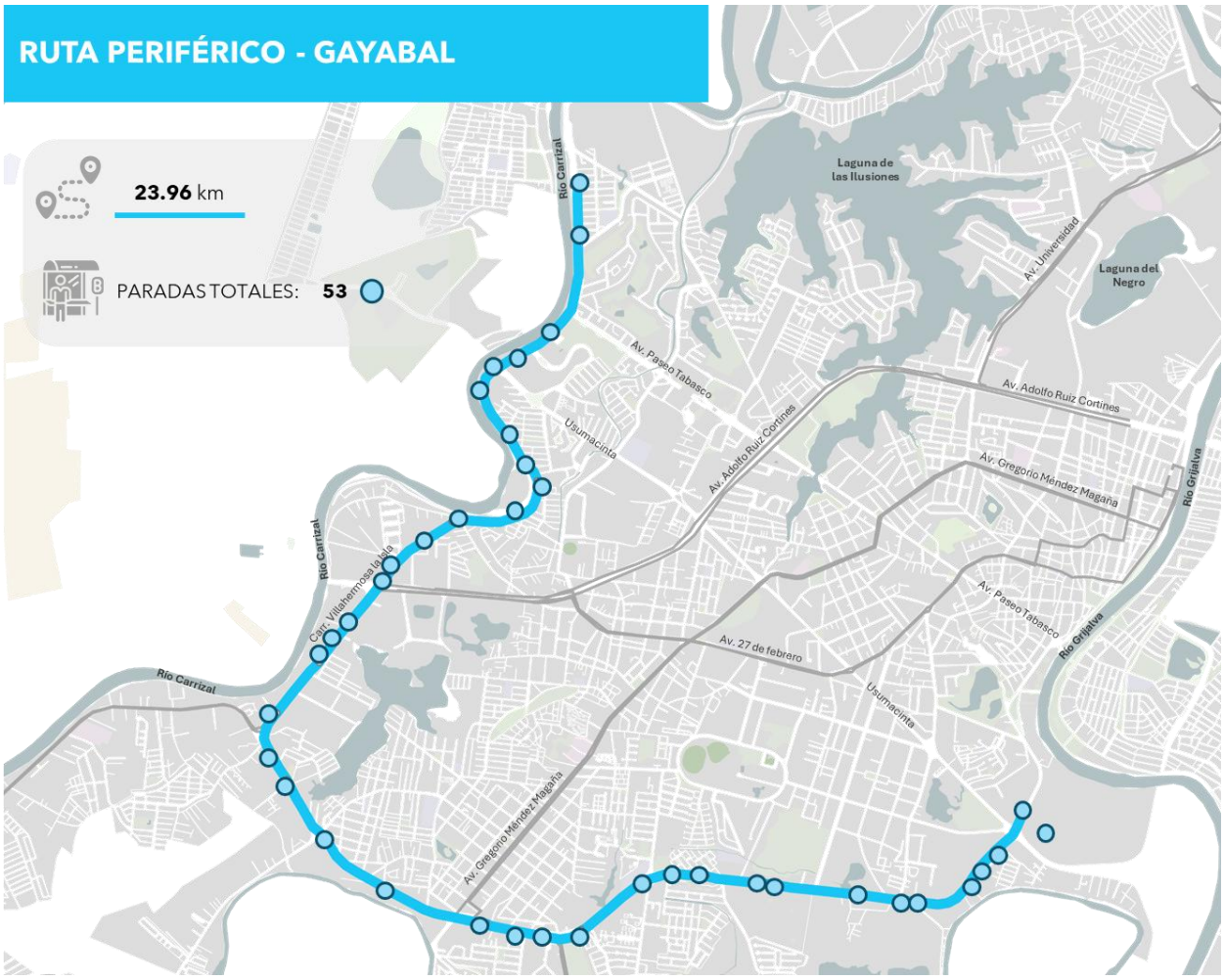


Figura 25. Ruta actual – Gayabal

4.3.4 Ruta Av. Adolfo Ruiz Cortines

La Ruta Av. Adolfo Ruiz Cortines tiene una longitud aproximada de **11.43 km** considerando el recorrido de ida y vuelta, y cuenta con **28 paradas**. Es una ruta lineal que recorre una de las vialidades principales de Villahermosa, consolidándose como una ruta importante dentro del sistema de transporte público.

Esta ruta conecta zonas habitacionales ubicadas al poniente con áreas de mayor densidad y actividad económica hacia el oriente, favoreciendo la movilidad de los usuarios que requieren desplazarse a lo largo de este importante corredor vial.

Durante su trayecto atraviesa y conecta con puntos estratégicos y vías importantes tales como:

- Periférico Carlos Pellicer Cámara
- Av. Gregorio Méndez Magaña

- Av. Universidad
- Usumacinta
- Paseo Tabasco

Por su ubicación sobre la Av. Adolfo Ruiz Cortines, esta ruta facilita el acceso a comercios, servicios y centros de trabajo, por lo que se considera un corredor relevante para el transporte público de Villahermosa.

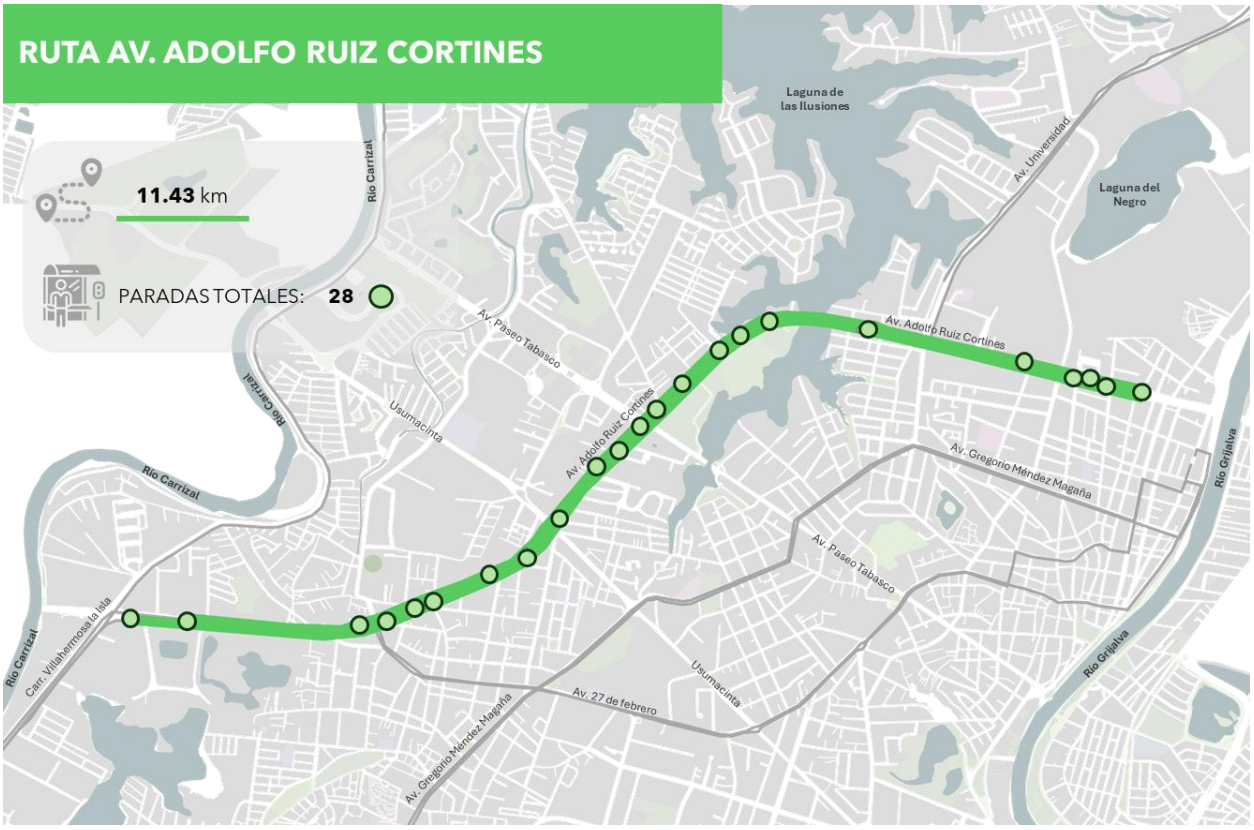


Figura 26. Ruta actual – Av. Adolfo Ruiz Cortines

4.3.5 Ruta Universidad

La Ruta Av. Universidad tiene una longitud aproximada de **9.13 km** considerando el recorrido de ida y vuelta y cuenta con **23 paradas**. Se trata de una vialidad estratégica que conecta zonas habitacionales con zonas de servicios y actividades educativas.

Esta ruta conecta zonas del suroeste de la ciudad, cercanas a la Laguna de las Ilusiones y la Laguna del Negro, con sectores más céntricos y consolidados al noreste, facilitando la movilidad de estudiantes, trabajadores y usuarios del transporte público en general.

Durante su trayecto conecta con vías como:

- Av. Prof. Ramón Mendoza Herrera
- Av. Adolfo Ruiz Cortines

Gracias a su longitud y a la concentración de paradas a lo largo de la Av. Universidad, esta ruta ofrece un acceso a instituciones educativas y zonas habitacionales.



Figura 27. Ruta actual – Av. Universidad

5 ESCENARIO BASE

5.1 Diagnostico Operacional del corredor

El diagnóstico operacional del corredor se fundamenta en el análisis de los elementos del flujo vehicular, lo cual permite comprender las características y el comportamiento del tránsito. Esta información constituye un insumo esencial para la planeación, proyección y operación de calles, carreteras y obras complementarias dentro del entorno urbano.

A través de los estudios de aforo vehicular realizados en puntos estratégicos del sistema vial se recolectan datos clave como los volúmenes de tránsito, la composición vehicular, las tasas de flujo y las variaciones horarias del tránsito. Estos datos son representados en función del tiempo, permitiendo el desarrollo de metodologías que facilitan la estimación de la calidad del servicio que presta el sistema vial a sus usuarios.

Uno de los aspectos centrales del análisis es la identificación de la Hora Máxima Diaria (HMD), que refleja el período de mayor demanda vehicular, y el cálculo del Factor de la Hora Máxima Diaria (FHMD), útil para evaluar la representatividad de dicha hora frente al volumen diario total. Asimismo, el estudio de las tasas de flujo permite detectar variaciones temporales significativas, identificando patrones que influyen directamente en la operación vial.

La composición vehicular también es un indicador relevante, ya que permite conocer la proporción de vehículos livianos, pesados, motocicletas, buses, entre otros, lo cual influye en el desgaste de la infraestructura, la congestión, la seguridad vial y las emisiones.

En términos generales, los datos obtenidos en estos estudios se utilizan para múltiples propósitos dentro del ámbito de la ingeniería de tránsito, tales como:

- Análisis de capacidad y niveles de servicio en todo tipo de vialidades.
- Caracterización de flujos vehiculares.
- Zonificación de velocidades.
- Determinación de necesidades de control del tránsito (señalización, semaforización, etc.).
- Estudios de estacionamiento y accesibilidad.

En otras palabras, el análisis de los flujos vehiculares describe cómo circulan los vehículos a lo largo del corredor y en distintos tipos de vialidades, lo que permite evaluar la eficiencia operacional del sistema y sustentar decisiones técnicas para su optimización.

5.1.1 Estación Maestra

La estación maestra es definida como el punto vial más crítico del corredor de acuerdo con su contexto de movilidad; su objetivo principal es poder definir la variación del volumen de tránsito diario y/u horario durante el periodo de levantamiento de información, identificando como resultado la Hora de Máxima Demanda.

De acuerdo con la distribución horaria de los volúmenes registrados durante el periodo de levantamiento, podemos observar que la estación AF01 presenta volúmenes superiores hasta por 60%, en comparación con la estación AF02. Estos resultados permiten definir a la estación AF01 como la estación maestra.

HORA	AF1	AF2	Diferencia porcentual
06:00-07:00	3,094	1,132	63%
07:00-08:00	3,791	1,663	56%
08:00-09:00	3,838	1,811	53%
09:00-10:00	4,132	1,369	67%
10:00-11:00	3,802	1,410	63%
11:00-12:00	3,565	1,393	61%
12:00-13:00	3,656	1,618	56%
13:00-14:00	4,188	1,426	66%
14:00-15:00	3,906	1,577	60%
15:00-16:00	4,189	1,466	65%
16:00-17:00	4,264	1,639	62%
17:00-18:00	3,839	1,533	60%
18:00-19:00	4,106	1,391	66%
19:00-20:00	3,397	1,627	52%
Total	**53,767**	**21,055**	**61%**

Tabla 9. Variación horaria del volumen vehicular por estación de aforo

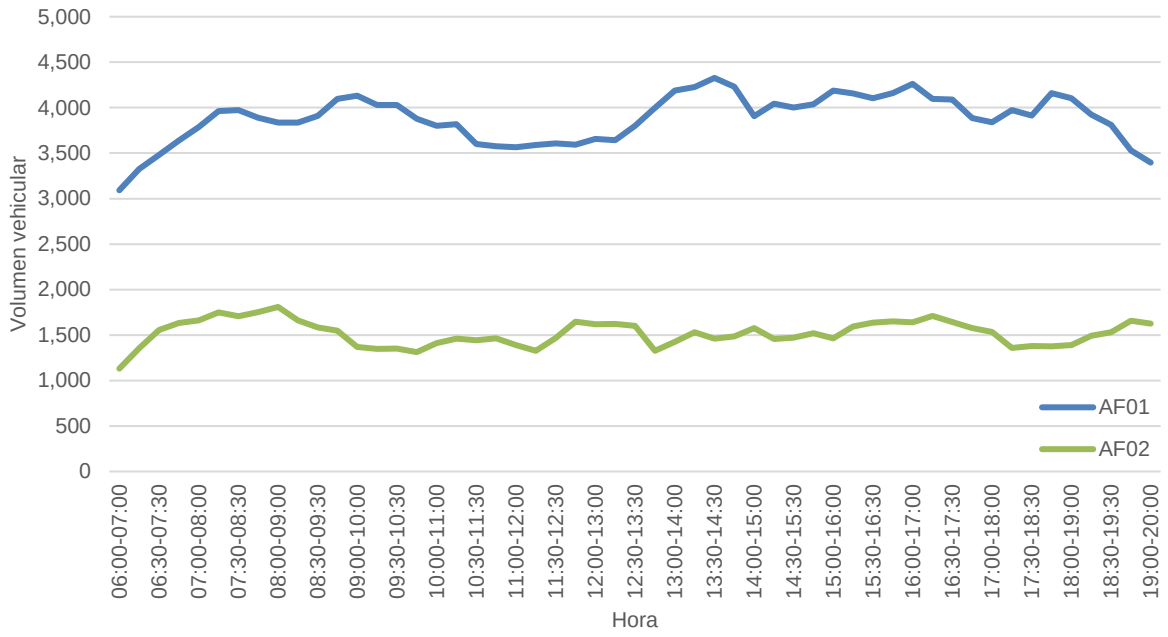


Figura 28. Distribución horaria de los volúmenes vehiculares en las estaciones de aforo pantalla.

5.1.2 Hora de Máxima Demanda

Una de las primeras y más importantes variables dentro del análisis de flujos vehiculares, es la Hora de Máxima Demanda u Hora Punta, la cual nos indica el punto exacto del día donde se registra el volumen más alto de vehículos circulando sobre la vía.

Para estimar la HMD se suman, en bloques de 1 hora, los volúmenes de tránsito levantados en intervalos de 15 minutos (p.e 06:00 – 07:00, 06:15 – 07:15, 06:30 – 07:30, etc.). Por lo tanto, la HMD no siempre se

ubicará en horas “CERRADAS” sino que también puede caer entre horas, siendo su unidad de medida vehículos/mixtos/hora.

Dicho lo anterior, tomando como referencia la demanda vehicular registrada en la estación maestra AF01, se identificó que la HMD en el corredor es de 13:30 a 14:30, donde se registraron un total de 4,327 vehículos/mixtos/hora, a este volumen se le considera como VOLUMEN HORARIO DE MÁXIMA DEMANDA (VHMD).

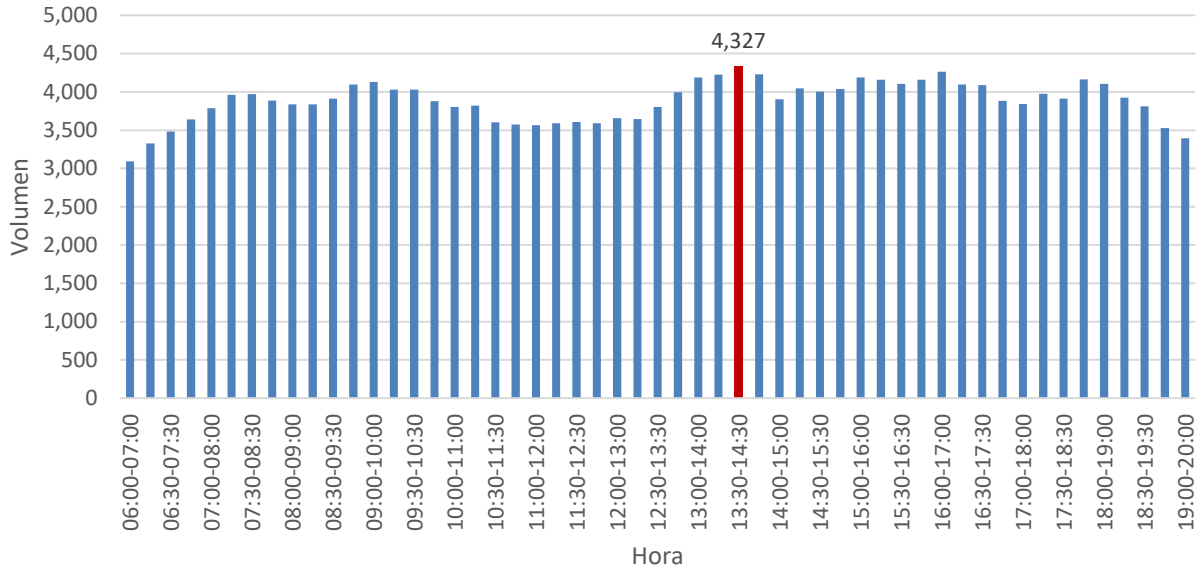


Figura 29. Variación horaria del volumen vehicular, estación maestra.

Es importante señalar que, durante el periodo completo de toma de información, se contabilizaron un total de 53,767 vehículos/mixtos, por lo que el volumen registrado dentro de la hora punta representa el 8% del volumen registrado.

5.1.3 Proporción vehicular

Otra de las variables de estudio, es la composición de los flujos vehiculares. Es decir, el tipo de vehículos que circulan sobre la vía de estudio y su representación porcentual en contraste con el volumen total registrado, a esto se le llama PROPORCIÓN VEHICULAR.

Dentro del corredor se identificó que el 86% del volumen vehicular se compone de automóviles. Por otra parte, menos del 1% del volumen vehicular está compuesto por transporte de carga (C3 en adelante). Transporte público representan el 3% del volumen. Finalmente, el 8% restante equivalen a motocicletas.

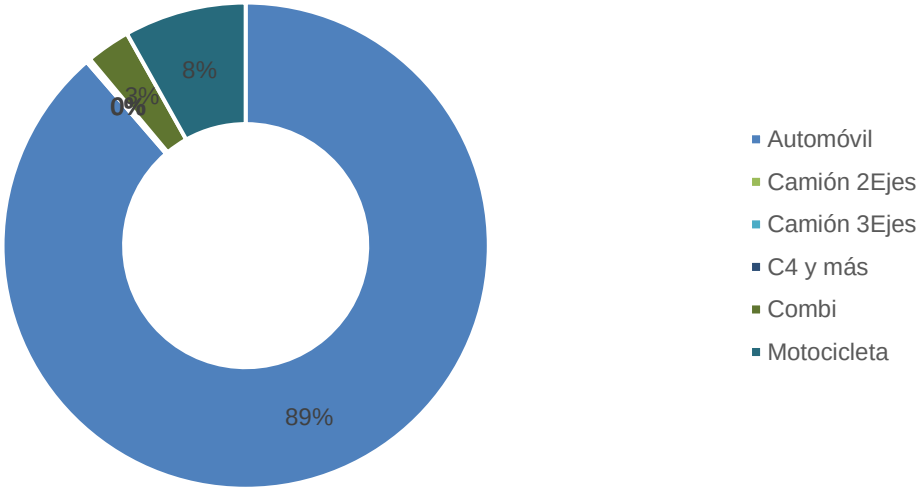


Figura 30. Proporción vehicular

5.1.4 Factor Horario de Máxima Demanda

El factor de la hora de máxima demanda (FHMD) es un indicador de las características del flujo de tránsito. Indica la forma como están distribuidos los flujos máximos dentro de la hora punta. Su mayor valor es la unidad, lo que significa que existe una distribución uniforme de flujos máximos en cada período durante toda la hora. Valores bastante menores que la unidad indican concentraciones de flujos máximos en períodos cortos dentro de la hora.

En palabras simples, el FHMD se utiliza para saber qué tan concentrado está el tráfico vehicular durante la hora más congestionada del día. Es una herramienta que ayuda a entender si el flujo de vehículos se da de forma pareja durante esa hora, o si se acumula en un corto periodo de tiempo, como por ejemplo en 15 minutos.

Este indicador es muy útil en el diseño de calles, avenidas, intersecciones y accesos, ya que permite dimensionar correctamente la capacidad necesaria para evitar saturaciones. Si el tráfico está muy concentrado, se requerirá mayor infraestructura o ajustes operativos (como semáforos más eficientes o carriles adicionales). En cambio, si el tráfico está más distribuido, las soluciones pueden ser más simples.

En resumen, el FHMD ayuda a tomar decisiones técnicas basadas en cómo se comporta el tráfico en su momento más crítico, lo que permite mejorar la movilidad, reducir tiempos de espera y aumentar la seguridad vial.

El factor de la hora de máxima demanda se expresa de la siguiente manera:

$$FHMD = \frac{VHMD}{N(Q_{tmax})}$$

Donde:

N = Número de periodos durante la hora de máxima demanda

VHMD = Volumen horario de máxima demanda

Qtmax = volumen máximo de los periodos comprendidos dentro de la hora

VARIABLE	VALOR
VHMD	4,327
N	4
QTMAX	1,202

Tabla 10. Variables para el cálculo del FHMD

Sustituyendo la formula con los valores obtenidos del levantamiento de información en campo, el valor obtenido del **FHMD** es de **0.89**, lo cual indica que el flujo vehicular durante la hora de mayor demanda presenta una **moderada concentración** en un intervalo específico de 15 minutos, pero sin llegar a niveles críticos de saturación.

Técnicamente, este valor sugiere que el tráfico no se concentra exclusivamente en un corto periodo, sino que se distribuye de manera relativamente uniforme a lo largo de la hora punta. Esto permite una **mayor eficiencia en el diseño de accesos y vialidades**, ya que no se requiere sobredimensionar la infraestructura para atender picos extremos de demanda.

5.1.5 Análisis de tasas de flujo

Se entiende por tasa de flujo (q) como la frecuencia a la cual pasan los vehículos por un punto o sección transversal de un carril o calzada. Por lo tanto, la tasa de flujo es pues, el número de vehículos (N) que pasan durante un intervalo de tiempo específico (T) que es inferior a una hora, expresada en vehículos por minuto (veh/min) o vehículos por segundo (veh/s).

No obstante, la tasa de flujo también puede ser expresada en vehículos por hora (veh/h), teniendo cuidado de su interpretación, pues no hace referencia al número de vehículos que efectivamente pasan durante una hora completa o volumen horario (Q), sino que se refiere a un volumen ajustado referido a un periodo, el cual generalmente es de 15 min o 0.25 horas.

La tasa de flujo se calcula entonces con la siguiente expresión:

$$q = \frac{N}{T}$$

Donde:

N = Número de vehículos que pasan en un punto especifico

T = intervalo de tiempo, generalmente son bloques de 15 min.

Por otro, el volumen horario referido en periodo de 15 min se calcula con la siguiente función:

$$Q_{15} = \frac{VHMD}{4}$$

De acuerdo con las funciones anteriores, las tasas de flujo para el periodo máximo corresponden a los siguientes valores:

T	q	VHMD	Q15
13:30	1,061	4,327	1,082
13:45	1,202		
14:00	984		
14:15	1,080		

Tabla 11. Análisis de tasa de flujo

El análisis de flujos muestra que ***q2 > Q15,*** significa que la frecuencia con la que pasaron los vehículos en el segundo cuarto de hora fue mayor que la frecuencia con la que pasaron en toda la hora efectiva.

Esto muestra que la concentración de vehículos en cortos intervalos de tiempo es alta, y constante a lo largo de casi toda la hora (tal y como se refleja dentro del FHMD); pues como se muestra en la siguiente gráfica, q1 y q4, son próximos a Q15. Por lo que, una alta concentración de flujos vehiculares en periodos cortos y constantes de tiempo, pueden generar o contribuir a problemas de congestión en el corredor, principalmente en los primeros 30 minutos de la HMD y los últimos 15.

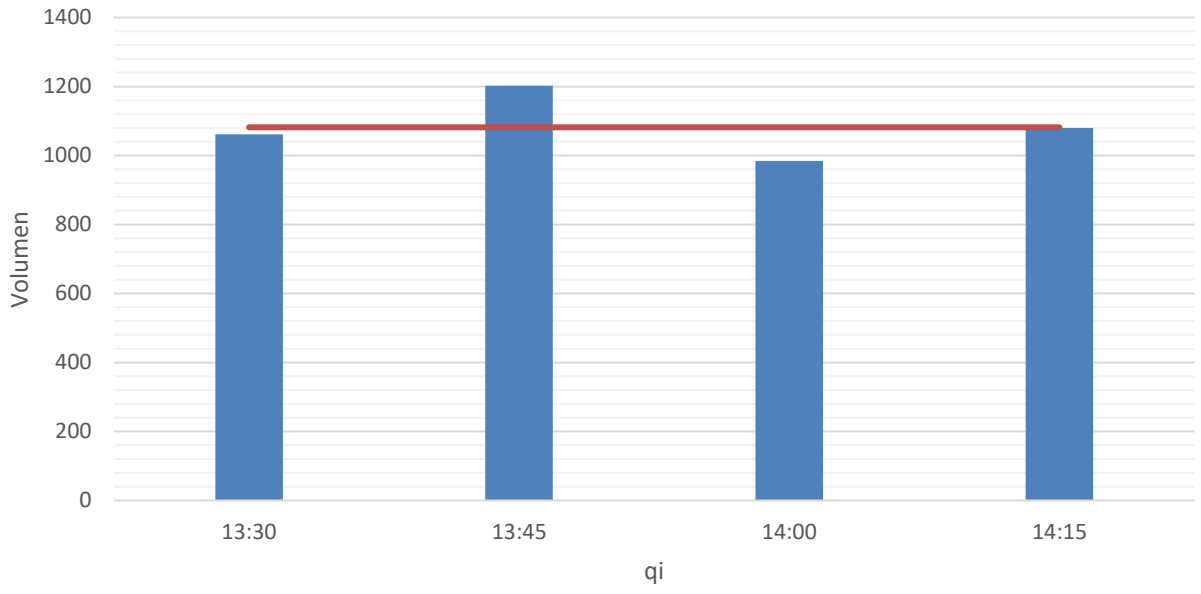


Figura 31. Análisis de tasas de flujo

5.2 Análisis Regional Villahermosa (Modelo Macro)

5.2.1 Área de modelación

La zonificación adoptada para la modelación se basa en las AGEB urbanas en el área de estudio. La zonificación inicial se conforma de 184 zonas correspondientes a las AGEB, 1 zona para nuevos desarrollos y 12 que representan las zonas externas. En total el sistema de zonas se conforma de 197.

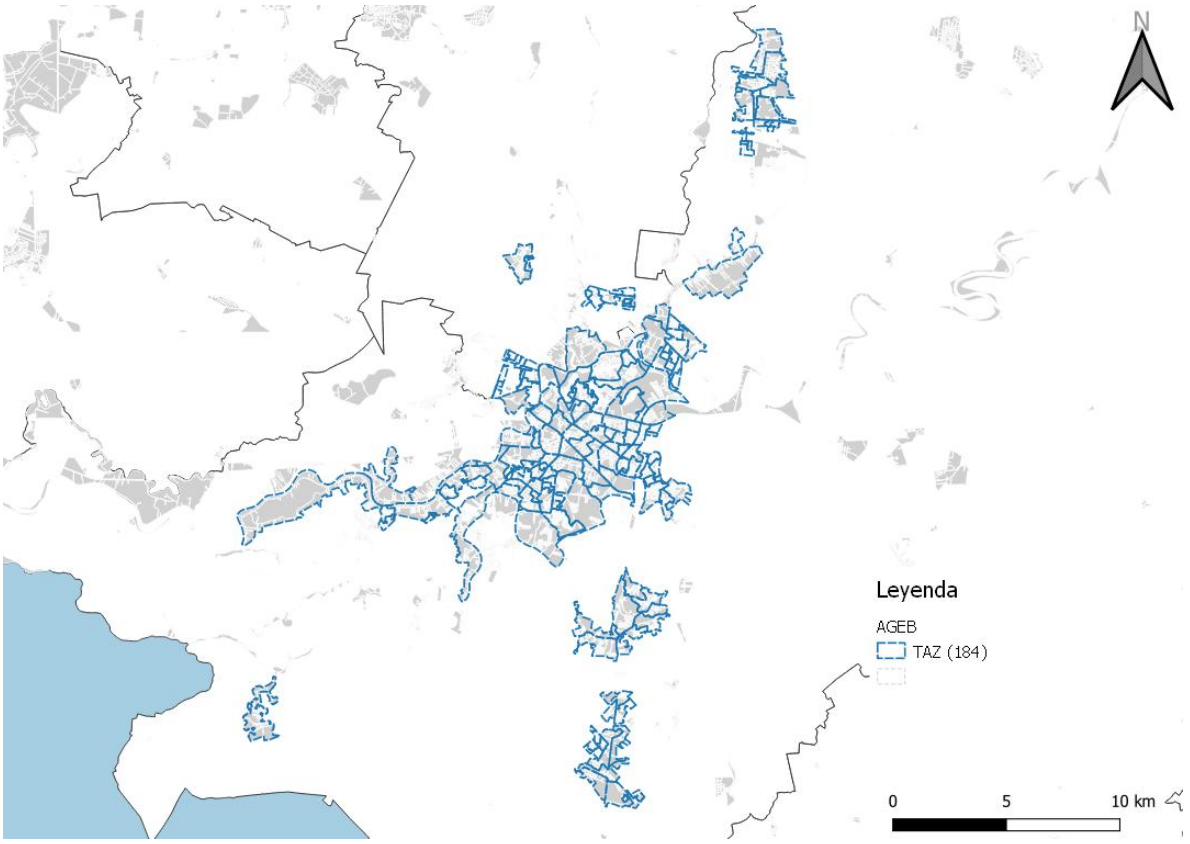


Figura 32. AGEB consideradas en la modelación. Fuente: Elaboración propia.

Considerando que el objetivo principal del estudio es la evaluación del sistema de transporte público se recomienda generar una zonificación adecuada para los estudios de demanda siguiendo las recomendaciones generales. (Cambridge Systematics Inc., and AECOM Consult, 2007)

- El número de habitantes debe ser mayor a 1,200 pero menor a 3,000
- Cada zona debe generar menos de 15, 000 viajes diarios.
- El tamaño debe ser entre 0.25 a 1 milla cuadrada.
- El uso de suelo debe ser homogéneo a fin de reducir los viajes intrazonales.
- El 90% de los viajes deben iniciar o terminar dentro del área de las zonas internas.
- Los conectores deben representar accesos realistas a la red vial.
- El acceso al transporte público debe ser representado realísticamente,
- Compatible con zonificaciones administrativas

- Generadores especiales y generadores de viajes de carga deben tener su propia zona.

Dado lo anterior se desagregan las AGEB en zonas de menor tamaño que cumplan las recomendaciones, dando un énfasis a los corredores sobre Paseo Tabasco y sobre el corredor fluvial. La zonificación final consta de 281 zona de análisis de transporte.

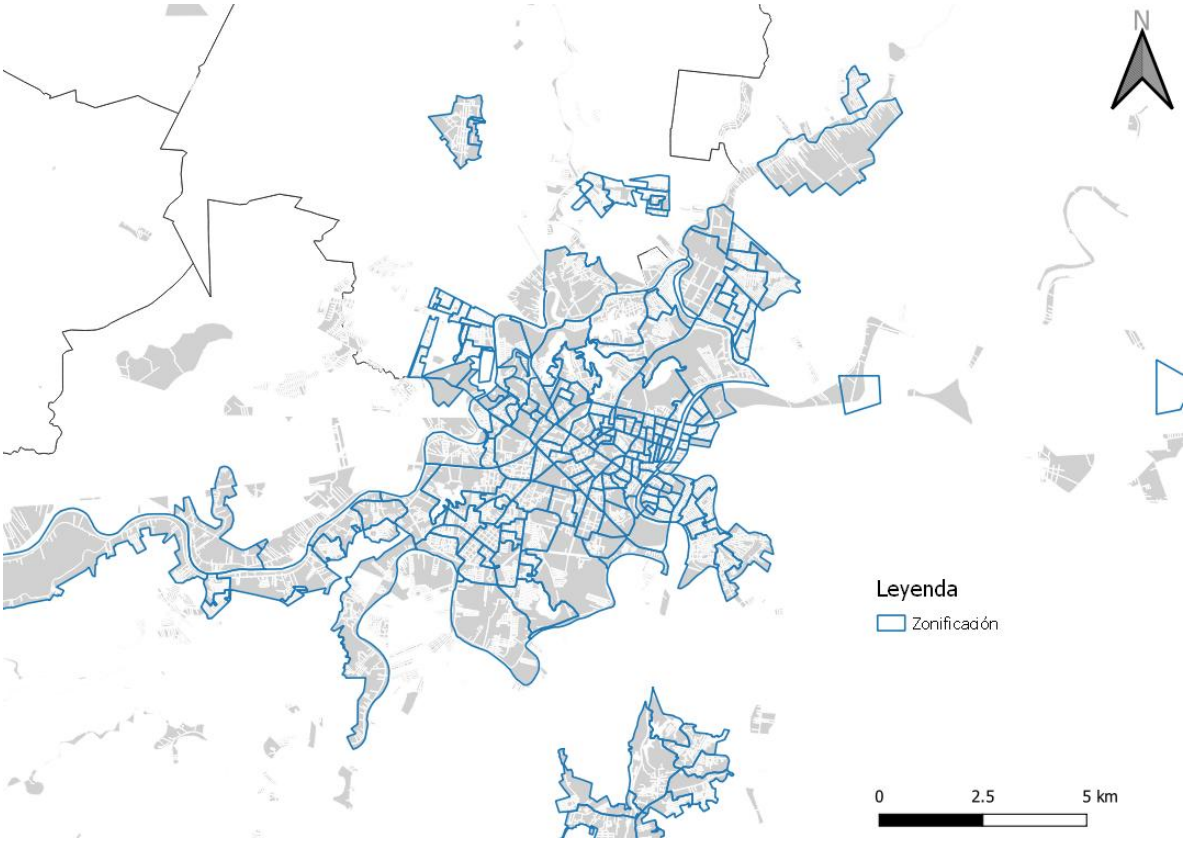


Figura 33. Zonificación final

5.2.2 Matrices de viaje

La principal fuente de información relativa a la demanda de viajes en Villahermosa corresponde a las matrices desagregadas provistas por la empresa Modelística. Para el año base se disponen de 5 matrices: de auto, bus, combi, taxi y peatón.

Cabe destacar que las matrices están asociadas a la zonificación inicial, es decir, las 197 zonas. Por ello para usar la nueva zonificación propuesta se requiere partir las matrices con base en datos socioeconómicos que expliquen tanto la producción como atracción de viajes.

La desagregación de matrices se realiza empleando el procedimiento *Disaggregate matrix* incluido en Visum. El procedimiento reparte las matrices de una zonificación más grande a una de mayor desagregación mediante el uso de factores en origen y destino.

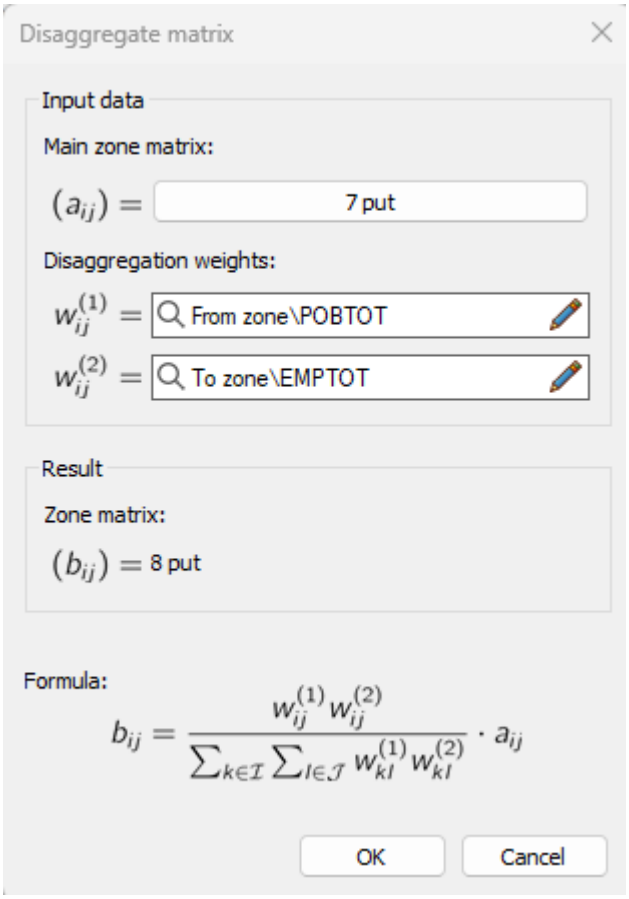


Figura 34. Disaggregate matrix

5.2.3 Datos socioeconómicos

5.2.3.1 *Población*

La población para partir la matriz corresponde a las cifras del censo de población y vivienda 2020 de INEGI. Espacialmente la población contempla únicamente a las AGEB urbanas en situación del año 2020.

Atributo	Valor	Cifra de control
Población estrato alto	55,277	
Población estrato medio	265,475	
Población estrato bajo	219,439	
Población total	540,191	540,197

Tabla 12. Cifras de población

5.2.3.2 *Empleo*

Las cifras de empleo se utilizan principalmente como la variable que explica la atractividad de las zonas para llevar a cabo las diversas actividades sociales y económicas que generan la necesidad de movilidad urbana. Esto nos permite partir las matrices en el destino del viaje.

El empleo se encuentra clasificado en:

- Empleo básico.
- Empleo comercio y servicio.

La fuente de información de empleo corresponde a la base del DENUE para el año 2025.

Atributo	Valor	Cifra de control
Empleo básico	60,671	
Empleo comercio y servicio	307,515	

Tabla 13. Cifras de empleo

5.2.4 Red vial

5.2.4.1 *Red de transporte privado*

La red vial de transporte privado corresponde a la base de datos de OpenStreetMap para el año 2025. Esta fuente de información se revisa y complementa con el servicio de Streetview de Google.

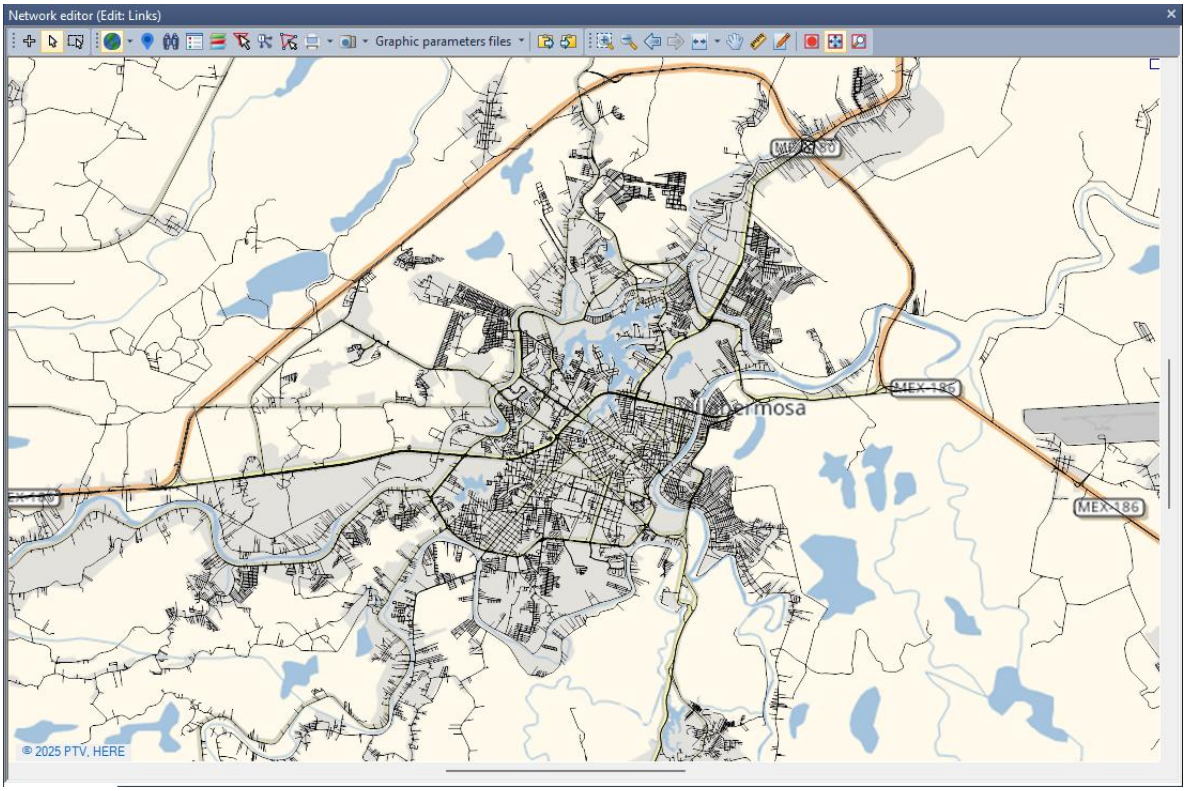


Figura 35. Red vial codificada en Visum

5.2.4.2 *Red de transporte público*

La red de transporte público incluye 167 rutas que abarcan las del escenario base como las de las propuestas. La fuente de información son los trabajos en campo para las 12 rutas de la cuenca de Paseo Tabasco y las restantes se toman del modelo en TRANUS.

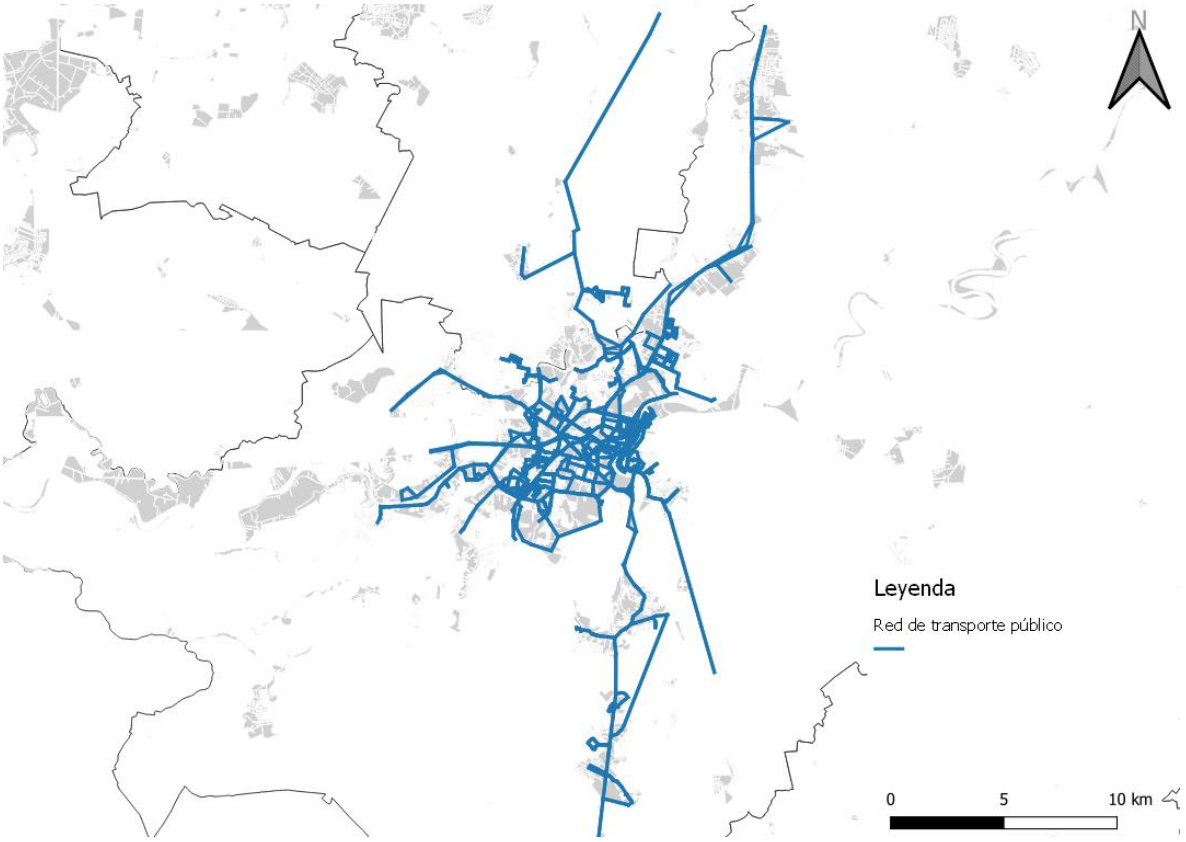


Figura 36. Red vial modelada

5.2.5 Periodo de modelación

El periodo de modelación se definió con base en los volúmenes de pasajeros en transporte público dado que el alcance inicial se centraba en la demanda de este segmento. Por lo tanto, se determina de las 7 a las 8 horas como periodo de máxima de manda y por ende de modelación.

Dada la extensión del área de estudio, las horas pico pueden ser diferentes en momento e intensidad en diferentes puntos de la red. Sin embargo, para efectos de análisis se ha definido como la hora pico de la mañana el período comprendido entre las 7:00 y 8:00. La hora pico de la tarde se encuentra entre las 19:00 y las 20:00hrs. También se nota un leve repunte de la demanda a la hora de la comida, entre 13:00 y 14:00hrs

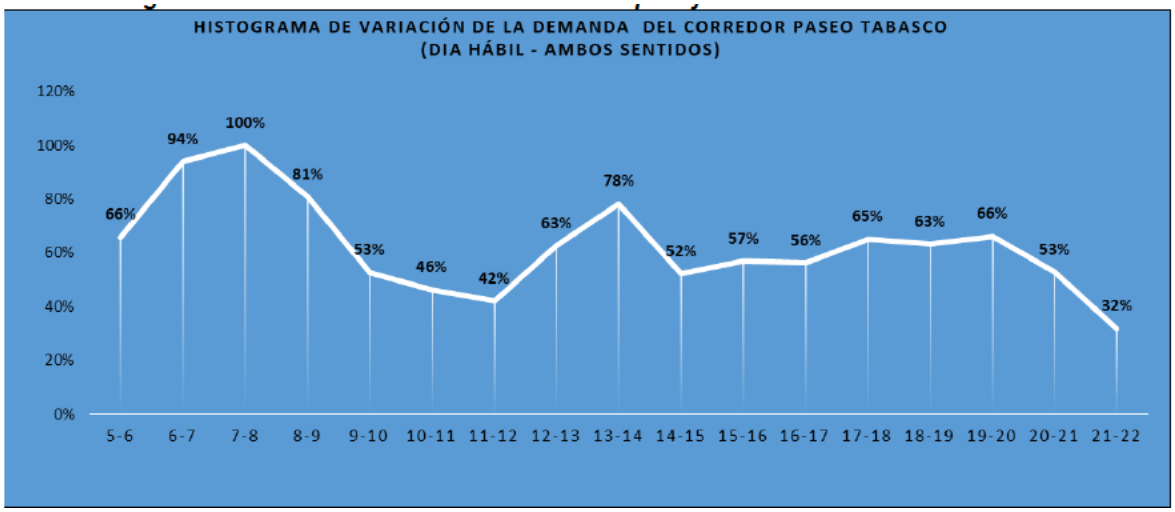


Figura 37. **Perfil diario de pasajeros en transporte público**

Comparando con el perfil horario vehicular en el corredor se encuentra que la hora punta de la mañana es de las 9 a 10 horas. Por otra parte, se identifica la hora punta de todo el día se ubica de13:30 a 14:30.

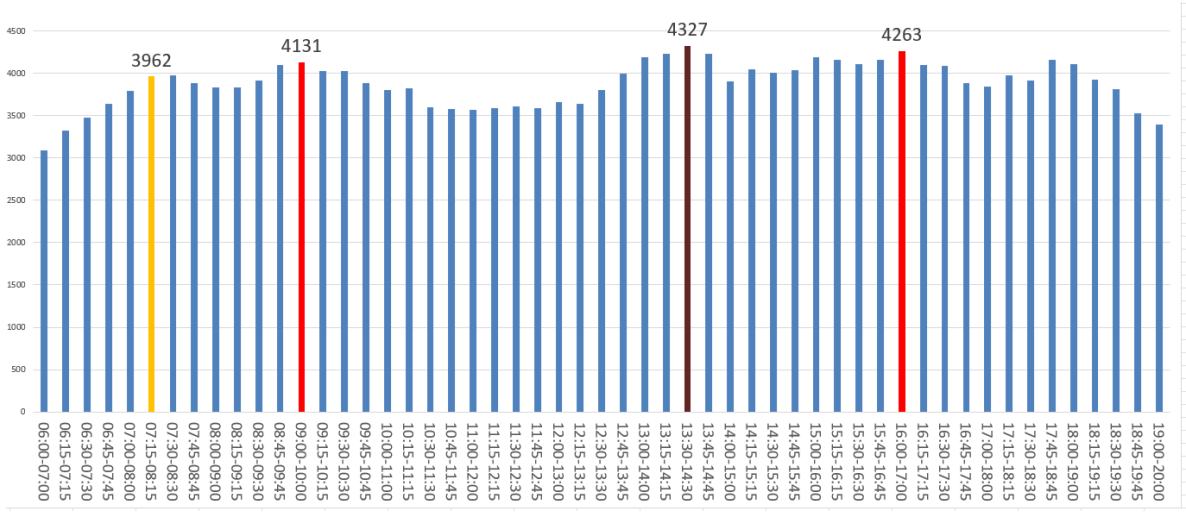


Figura 38. Perfil diario de vehículos

5.2.6 Modos de transporte modelados

La modelación al ser simplificada agrega los modos auto, moto, taxi en un único modo de vehículo privado y para el transporte público se define un modo separado.

5.2.7 Viajes externos

Los viajes externos se utilizan tal cual se definen en las matrices de demanda en año base.

5.2.8 Resumen de la información de entrada

Información	Fuente	Uso
Red vial	OpenStreetMaps	Modelo de red
Red de transporte público	Modelística	Modelo de red
Datos operación de rutas	Modelo Modelística y MOVITAB	Modelo de red
Matrices público y privado	Modelística	Modelo de asignación
Supuestos de modelación (VoT)	Modelística	Modelo de asignación de transporte público
Aforos de frecuencia	MEM	Calibración y validación del modelo
Aforos automáticos	MEM	Calibración y validación del modelo
Aforos direccionales	MEM	Calibración y validación del modelo
Tiempos de recorrido	Google Maps	Calibración y validación del modelo

Tabla 14. Datos de entrada para modelación

5.2.9 Asignación de viajes

Se realizaron dos modelos de asignación, el primero para asignar los viajes de transporte público a la red de transporte en ruta, buses y combis, y el segundo para asignar los viajes den vehículo privado, auto, moto y taxis.

La asignación de viajes se realizó en el software PTV Visum donde se codificó tanto la red de privado y transporte público en ruta.

En el caso de transporte privado se utilizó un proceso de asignación por equilibrio basado en el algoritmo Frank & Wolfe. (Equilibrium assignment en Visum)

Por otra parte, el modelo de asignación de transporte público utiliza una asignación basada en itinerarios. (Timetable-based en visum)

5.2.10 Descripción de la red vial

La red vial de transporte privado se compone de 34,071 nodos y 85,600 arcos. La red se clasifica de acuerdo con su nivel funcional en carreteras, troncal, primaria, secundaria, teciaria y calles locales. Los atributos de cada tipo de vía se resumen a continuación.

Tipo	Velocidad a flujo libre [km/h]	Capacidad [pcu/carril]
Carretera	110	1500
Troncal	60	1300
Primaria	40	1100
Secundaria	30	1000
Terciaria	30	800
Local	20	400

Tabla 15. Atributos de las vialidades. Fuente: Elaboración propia.

5.2.10.1 *Puntos de paradas*

Los puntos de parada en el modelo se basan en las fuentes de información disponible como la compartida por la agencia MOVITAB. Cabe resaltar que dicha información no abarca la totalidad de la red y al existir

paradas a discreción en la operación actual se codifican paradas dentro del modelo de tal forma que se pueda asegurar la accesibilidad al sistema en todas las zonas.

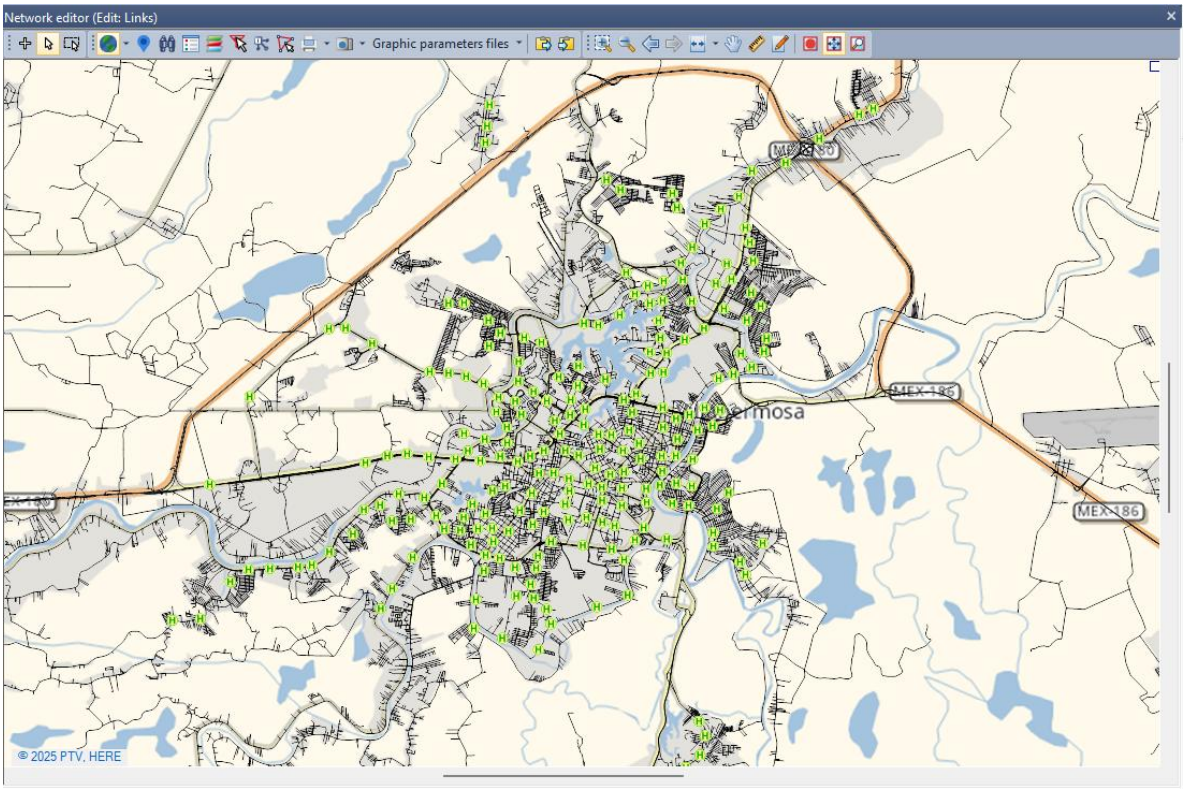


Figura 39. Paradas codificadas en Visum. Fuente: Elaboración propia.

Función flujo demora

A fin de considerar el impacto de la saturación de la red vial en los tiempos de recorrido se emplean funciones flujo-demora del tipo cónica. Se definen tres funciones para diferencia el comportamiento de las vías principales, secundarias y el resto de menor categoría.

En la figura siguiente se muestra las funciones empleadas.

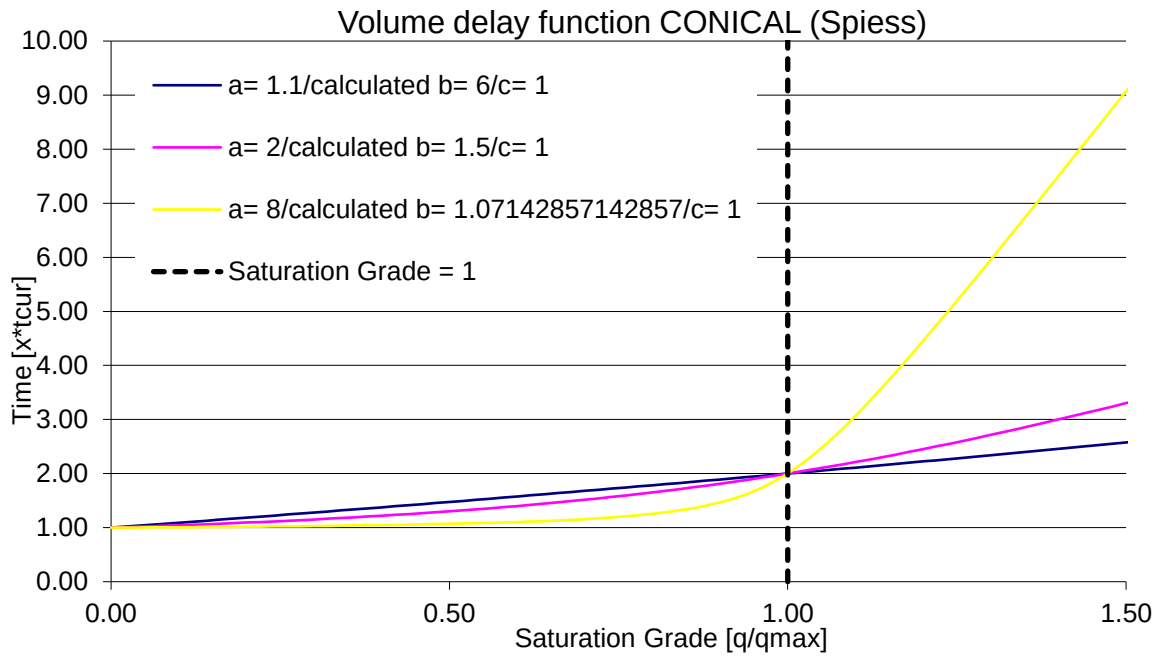


Figura 40. Funciones flujo demora. Fuente: Elaboración propia.

5.2.11 Metodología de calibración

La construcción del modelo de asignación, comúnmente, depende de los resultados del modelo de demanda, sin embargo, en este caso solo se dispone de información referente a matrices por modo de transporte. Dadas las restricciones de información se propone un ajuste de matrices a fin de representar adecuadamente los volúmenes vehiculares y de pasajeros observados en campo.

El ajuste de matrices se realiza utilizando el procedimiento *Demand matrix correction* incluido en Visum. Este proceso modifica la matriz inicial para que los flujos asignados sean los más parecidos a los observado en campo, lo anterior se realiza mediante un proceso de optimización basado en mínimos cuadrados o lógica difusa.

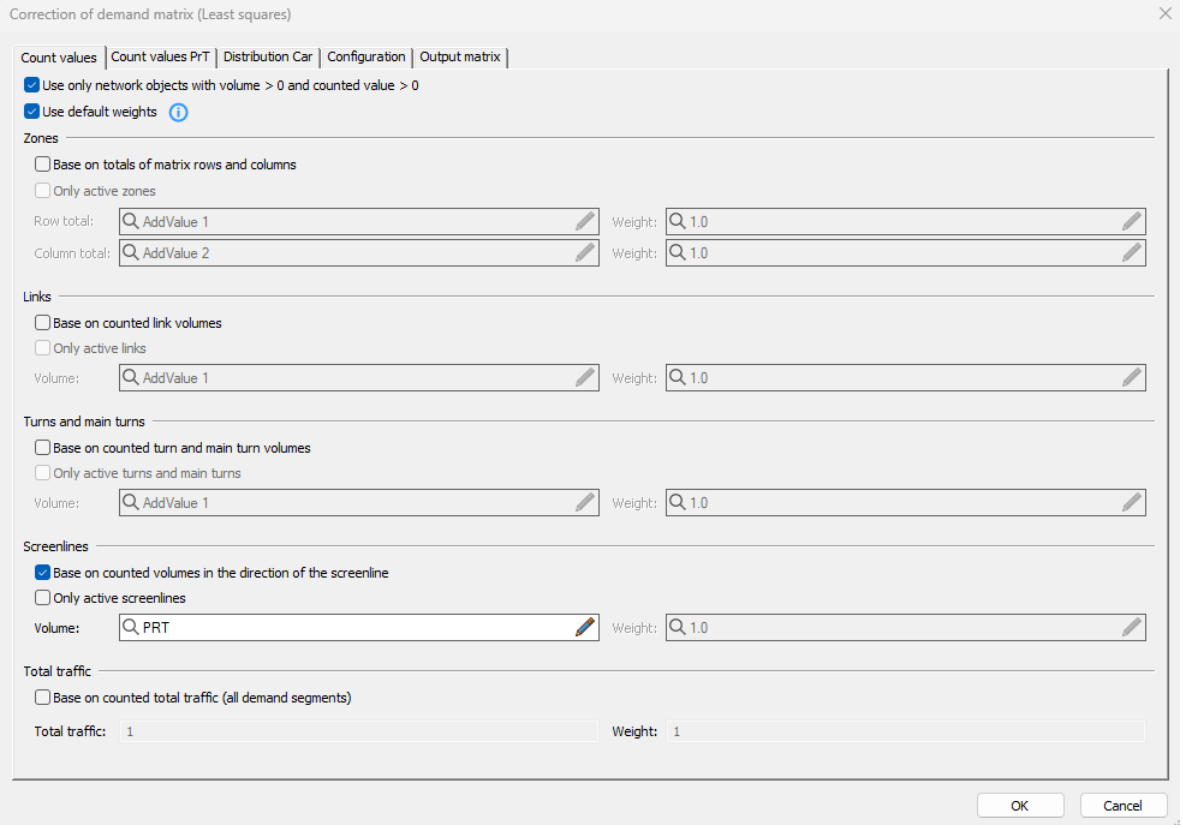


Figura 41. Procedimiento de ajuste de matriz en Visum. Fuente: Elaboración propia.

5.2.12 Validación

El proceso de validación revisa la congruencia del modelo con la situación real mediante la validación de la diferencia absoluta entre volúmenes modelados y observados de pasajeros. Por otro lado, usando el criterio de GEH y el ajuste por mínimos cuadrados para transporte privado.

5.2.12.1 *Modelo de transporte público*

.

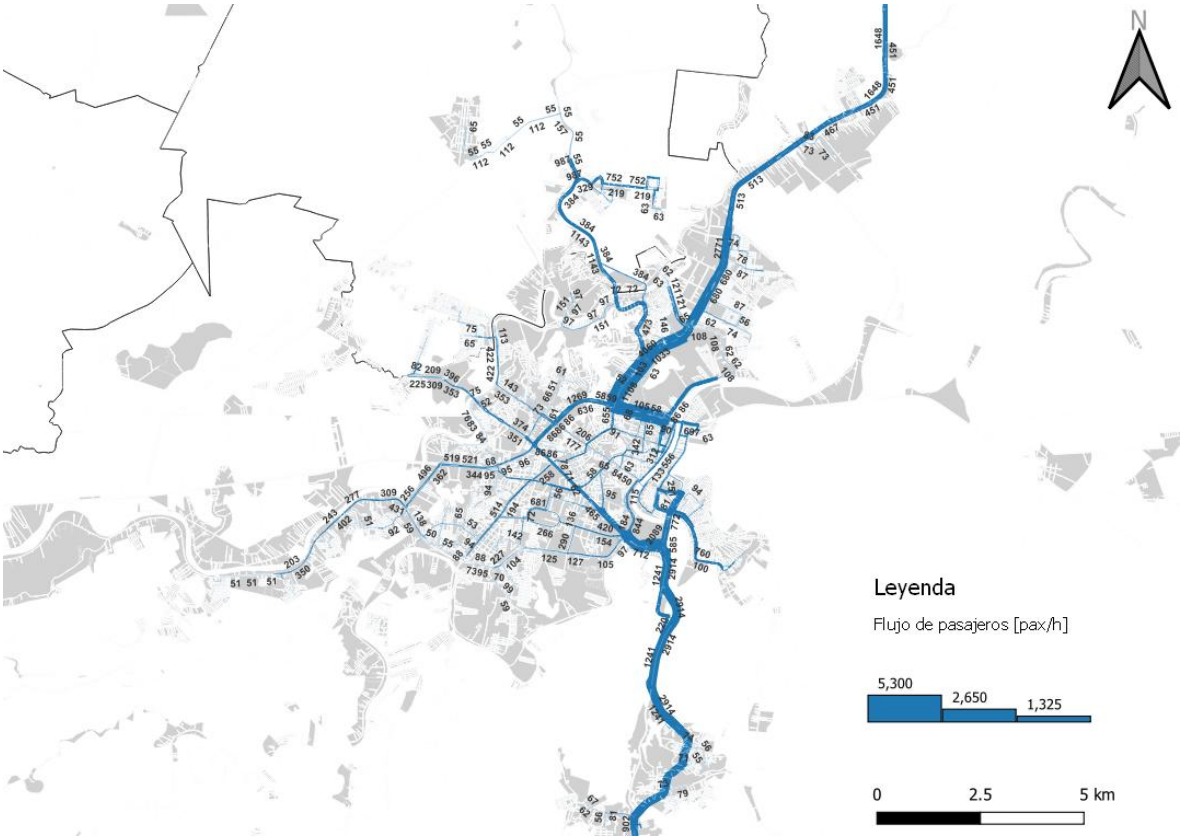


Figura 42. Asignación de transporte público. Fuente: Elaboración propia.

En primer lugar, se revisa la validación para la asignación de transporte público. Para transporte público se compara los pasajeros contados en los aforos de frecuencia y ocupación visual con los resultados del modelo. Los aforos FOV proporcionan información a nivel de sección de calle por lo que la validación aplicable según los criterios de WEBTag es comparar el total de pasajeros a nivel de arco individual y esta diferencia debe ser menor a 25% en el 95% de los casos.

Si bien se cuentan con conteos de subidos y bajados la falta de paradas adecuadamente identificadas vuelve complicada la comparativa.

Table 5 Assignment Validation Criteria and Guidelines

Data aggregation	Observation used to validate	Criteria (difference between modelled and observed flows)	Guideline
Grouped services by corridors	• Onboard counts • Entry & exit counts	< 15%	All or nearly all (95%) services
Grouped stops/stations by fare stages or corridors	• Boarding & alighting • Stop/station entry & exit counts	< 15%	All or nearly all (95%) stops/stations
Individual service/link (total passengers)	• Boarding & alighting • Onboard counts	< 25% (except where observed flows < 150 passengers per hour).	All or nearly all (95%) services
Individual stops/stations (total passengers)	• Boarding & alighting • Stop/station entry & exit counts	< 25% (except where observed flows < 150 passengers per hour).	All or nearly all (95%) stops/stations

La comparación entre los flujos de pasajeros modelados y aforadas indica que 18 de las 19 observaciones presentan una diferencia menor al 25%, es decir, se cumple el primer criterio de validación en el 95% de los casos.

COD	ESTACION	SENTIDO	AFORO [PAX]	MODELO [PAX]	Difference (%)
1	Bicentenario y Tamarindo	OP	209	209	0%
1	Bicentenario y Tamarindo	PO	309	309	0%
2	Paseo Tabasco y Periférico	NS	352	355	1%
2	Paseo Tabasco y Periférico	SN	143	158	10%
3	Usumacinta y Ruiz Cortines	NS	648	656	1%
3	Usumacinta y Ruiz Cortines	SN	390	476	22%
4	Paseo Tabasco y Gregorio Méndez	NS	144	161	12%
4	Paseo Tabasco y Gregorio Méndez	SN	168	206	23%
5	Calderón Marchena y Colosio	PO	148	205	38%
5	Calderón Marchena y Colosio	OP	760	813	7%
6	Rio Mezcalapa y Arroyo del Negro	NS	1256	1256	0%
7	Av. Universidad y Av. Ramón Mendoza	SN	4055	4060	0%
7	Av. Universidad y Av. Ramón Mendoza	NS	1015	1033	2%
8	Av. Ramón Mendoza y Av. Universidad	SN	1398	1411	1%
8	Av. Ramón Mendoza y Av. Universidad	NS	450	475	6%
9	Paseo Tabasco y Ruiz Cortínez	NS	528	633	20%
9	Paseo Tabasco y Ruiz Cortínez	SN	716	776	8%
10	Francisco I Madero y Bastar Zozaya	Norte-Sur	2123	2230	5%
11	Carlos Madrazo y Zozaya	Ote-Pte	149	173	16%

Tabla 16. Validación de flujos de pasajeros. Fuente: Elaboración propia.

La segunda validación es mediante el ajuste lineal entre los volúmenes modelados y los observados. De esto se obtienen dos métricas: el valor de pendiente de la curva y el coeficiente de determinación, R^2. El modelo de Villahermosa cae en la categoría de modelo estratégico en periodo punta por lo que, de acuerdo con ATAP (2016), el R^2 debe ser mayor a 0.85 y la pendiente entre 0.9 y 1.1.

Model Type	R2	Slope	Screenline	GEH	RMSE
Strategic four step – Daily	>0.85	0.9-1.1	+-10%	N/A	<30%
Strategic – peak period	>0.85	0.9-1.1	+-10%	60% individual links GEH<5 95% individual links GEH<10 100% individual links GEH<15 GEH<5 for each directional screenline	<30%

Derivado de la revisión entre los volúmenes de pasajeros modelados y observados se determina que se cumple el segundo criterio de validación al presentar una pendiente de 0.99 y un R^2 de 0.99

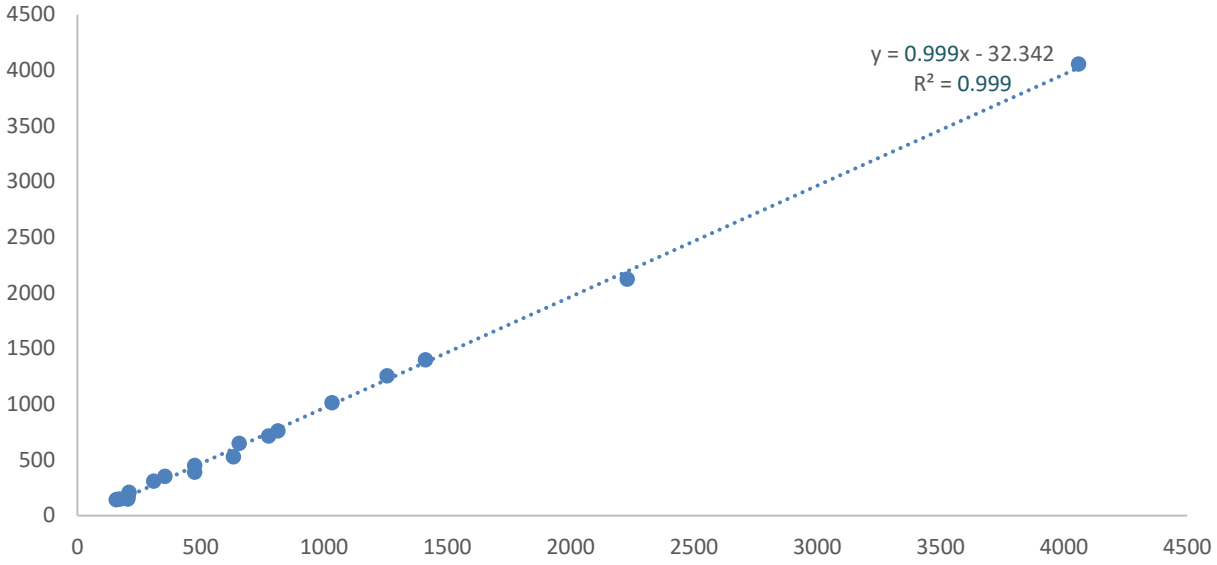


Figura 43. Ajuste lineal de pasajeros modelados y observados. Fuente: Elaboración propia.

En el caso de no considerar el aforo de mayor volumen, Av Universidad en sentido N-S, se determina que la validación cumple al tener una pendiente de 0.978 y un R^2 de 0.996 como se muestra a continuación.

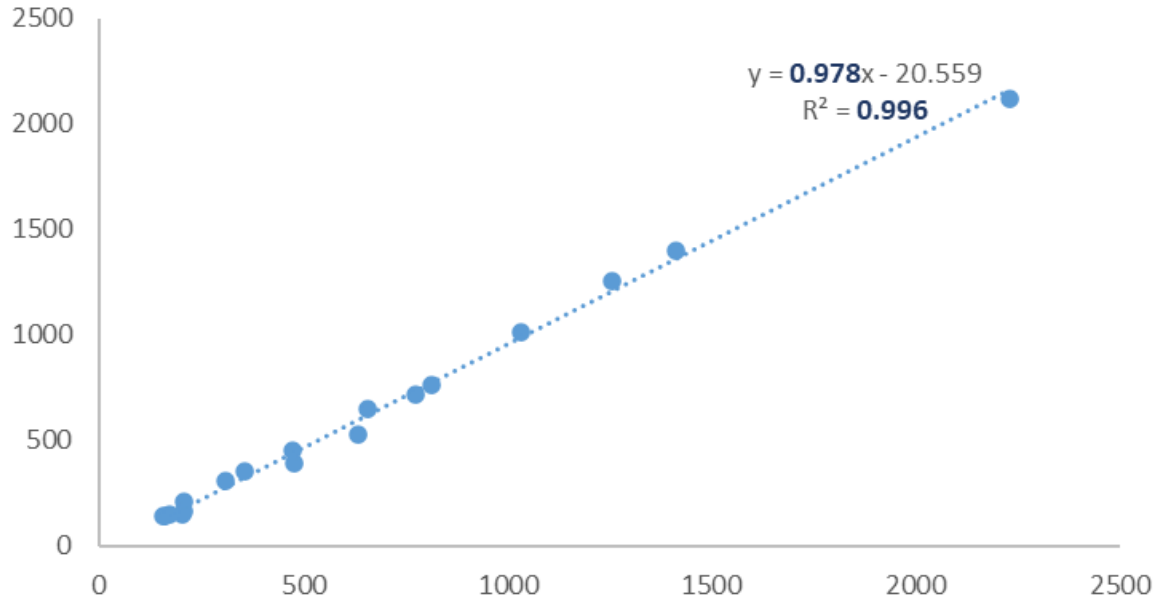


Figura 44. Ajuste lineal de pasajeros modelados y observados sin Av. Universidad norte-sur. Fuente: Elaboración propia.

5.2.12.2 *Modelo de transporte privado*

En segundo lugar, se revisa la asignación correspondiente a la asignación de vehículos privados. En este caso se comparan los volúmenes vehiculares ligeros, auto y moto.

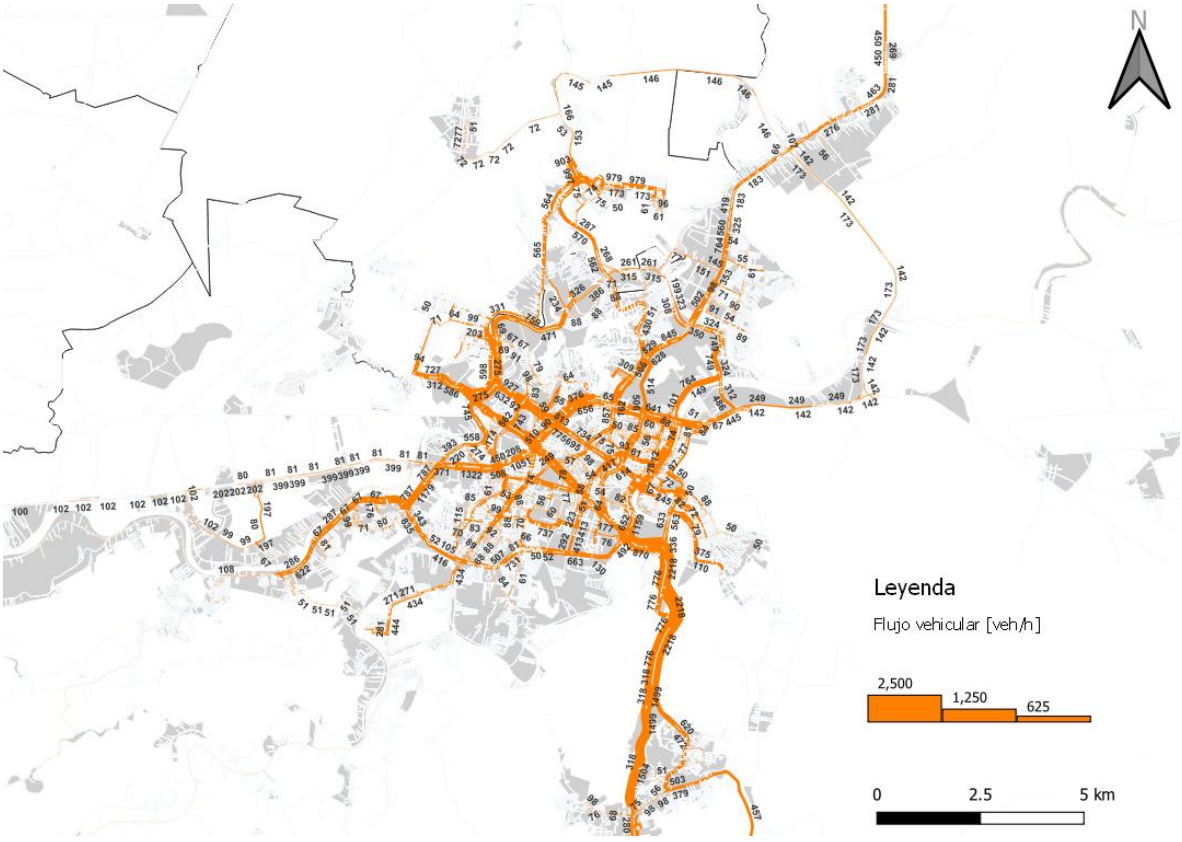


Figura 45. Asignación de vehículos. Fuente: Elaboración propia.

En transporte privado la validación se realiza a partir del cálculo del valor de GEH el cual de acuerdo a lo recomendado por Ortúzar y Willumsen (2012) deber se menor a 5 en la mayoría de los puntos. En este caso todos los puntos de validación cumplen.

COD	ESTACION	SENTIDO	AFORO [VEH]	MODELO [VEH]	GEH
1	Paseo Tabasco y Ruíz Cortines	NS	1,686	1,710	1
1	Paseo Tabasco y Ruíz Cortines	SN	2,292	2,299	0
2	Paseo Tabasco y Gregorio Méndez	NS	617	637	1
2	Paseo Tabasco y Gregorio Méndez	SN	706	746	1
3	Calderón Marchena y Vulcanólogos	OP	730	788	2
3	Calderón Marchena y Vulcanólogos	PO	361	366	0
4	Avenida Universidad - Prof. Mendoza Herrera	NS	834	829	0
4	Avenida Universidad - Prof. Mendoza Herrera	SN	628	628	0
5	Paseo Usumacinta con 27 de Febrero	NS	1,040	1,022	1
5	Paseo Usumacinta con 27 de Febrero	SN	1,135	1,160	1
6	Paseo Tabasco con 27 de Febrero / La Venta	NS	1,640	1,583	1
6	Paseo Tabasco con 27 de Febrero / La Venta	SN	1,434	1,369	2

Tabla 17. Valores de GEH en puntos de aforo. Fuente: Elaboración propia.

Asimismo, se determina que la segunda validación cumple al resultar de la regresión lineal entre aforado y modelado una pendiente de 1.02 y R^2 de 1 como se aprecia en a la figura siguiente.

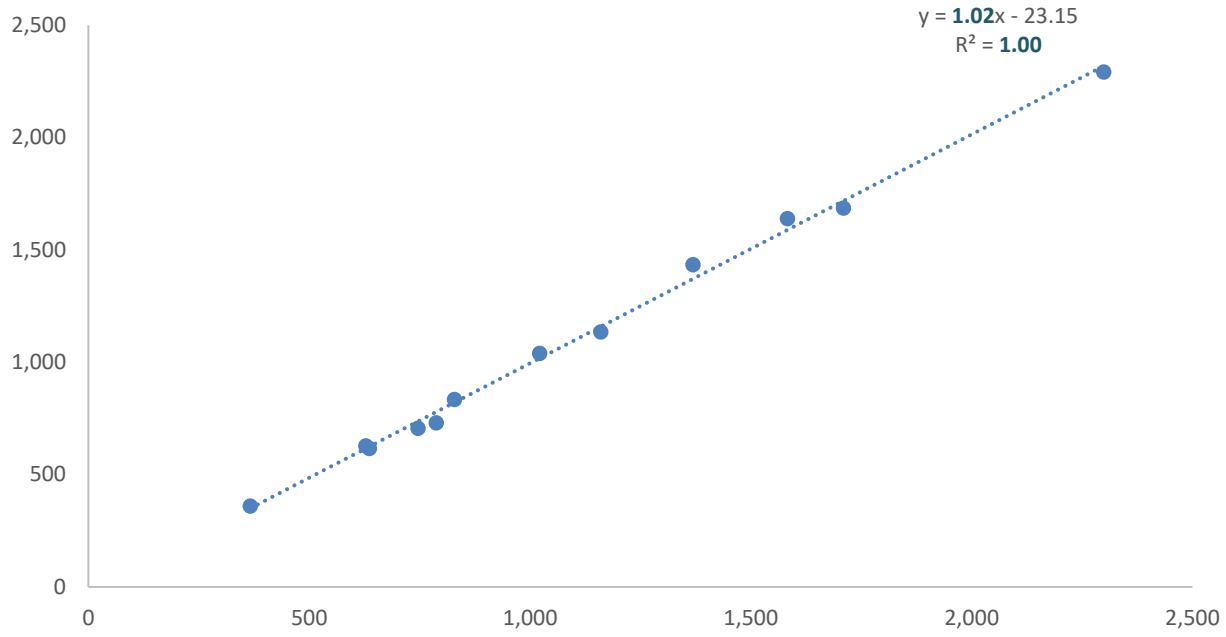


Figura 46. Ajuste lineal de vehículos modelados y observados. Fuente: Elaboración propia.

5.2.12.3 *Tiempos de recorrido*

En los modelos de vehículo privado se incluyen una tercera validación correspondiente a los tiempos de recorrido sobre los corredores. El criterio dado por el WebTag indica que el 85% de las rutas deben estar +- 1 minuto respecto a los tiempos observados,

Table 3 Journey Time Validation Criterion and Guideline

Criteria	Guideline
Modelled times along routes should be within 15% of surveyed times (or 1 minute, if higher than 15%)	> 85% of routes

En primer lugar, se recopilan los tiempos de recorrido utilizando el servicio de ruta provisto por la API de Google Maps. Se generaron tiempos de recorrido en los corredores por donde circularían las futuras rutas del sistema integrado.

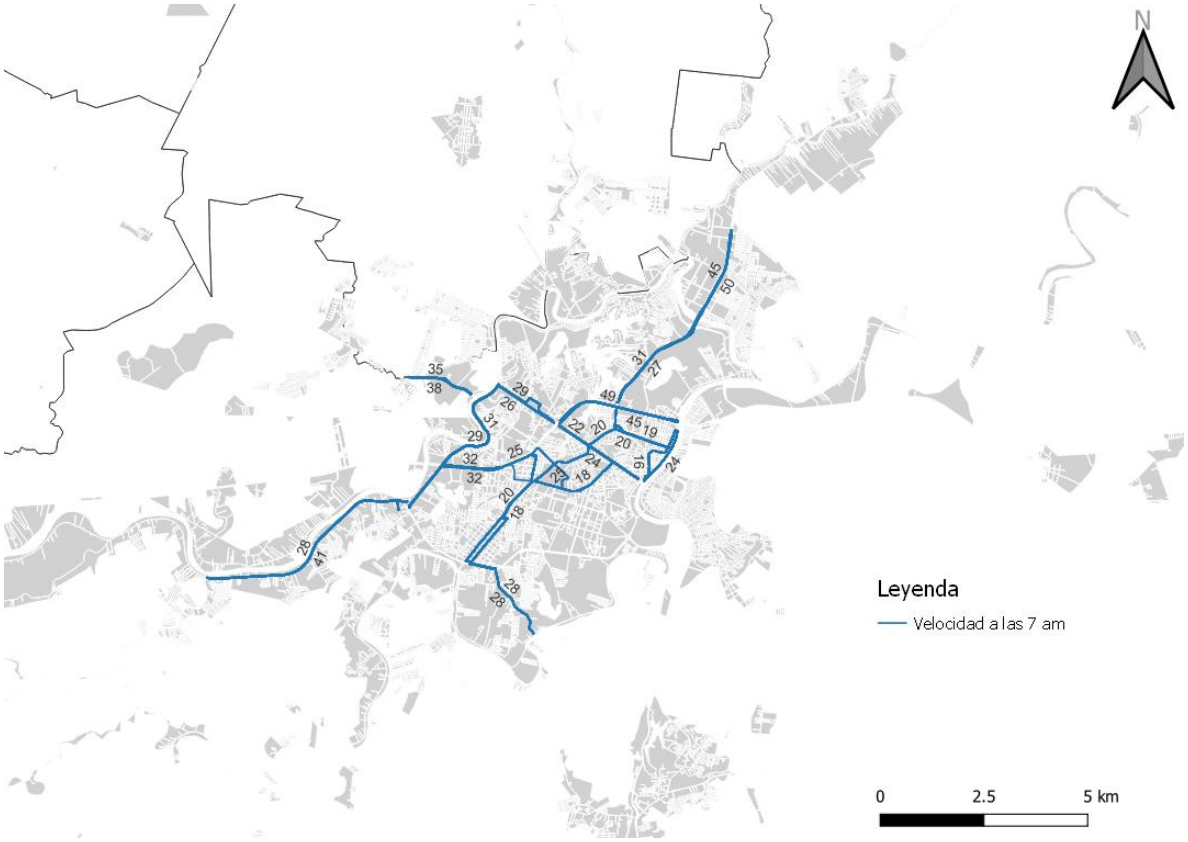


Figura 47. Corredores con levantamiento de tiempos de recorrido. Fuente: Elaboración propia.

La comparación entre los tiempos modelados y observados indica que el criterio se cumple en el 82% de los casos, 23 de 28. Si bien debería cumplir en el 85% al no contar con datos de aforos en todos los corredores resulta complicado verificar el grado de saturación y ajustar las funciones flujo demora para representar adecuadamente los tiempos de viaje.

Aforo	Modelo	Diferencia [min]
12.0	11.5	0.5
8.3	9.7	1.5
9.1	8.2	0.9
8.7	8.5	0.2
2.8	2.4	0.4
2.5	2.3	0.3
3.2	3.5	0.3
4.0	4.8	0.8
6.2	5.2	1.0
5.9	5.2	0.6
3.8	3.6	0.2
3.8	4.5	0.8
4.1	4.8	0.7

Aforo	Modelo	Diferencia [min]
3.4	3.6	0.2
3.8	3.9	0.1
5.8	5.4	0.4
4.6	4.4	0.3
2.5	2.1	0.4
2.5	1.9	0.5
3.8	2.9	0.9
5.4	4.0	1.4
5.7	4.5	1.2
3.6	2.8	0.8
4.0	3.5	0.5
8.2	6.9	1.4
8.3	5.5	2.8
5.6	5.1	0.5
5.7	5.1	0.6

Tabla 18. Comparativa de tiempos de recorrido. Fuente: Elaboración propia.

5.3 Análisis Corredor Paseo Tabasco

Para poder realizar el análisis operacional del corredor Paseo Tabasco, se realizó un modelo de transporte a nivel micro. Al construir un modelo de transporte, el objetivo es simular, lo más fiel posible, las condiciones operacionales y la dinámica vial en de la red a estudiar, así como tener una visión global de lo que ocurre y de las causas de los sucesos que se desarrollan dentro de la misma. Para ello, deben tenerse en cuenta todas las condiciones que afectan al comportamiento de los actores de la movilidad a simular (desde la existencia de un dispositivo de reducción de la velocidad, como un resalto, hasta el fenómeno de la congestión, resultado de una sobredemanda de las infraestructuras viarias).

Los modelos de simulación del transporte se basan en diversos campos del conocimiento, como las matemáticas, la estadística, la economía y la geografía. De las matemáticas y la estadística, los modelos toman herramientas relacionadas con la toma de decisiones o los retrasos y la incidencia de sucesos como los accidentes. La economía aporta modelos de comportamiento y conceptos como "valor del tiempo" o "utilidad" y la geografía, características espaciales.

Mediante el ejercicio de modelización se visualiza la interacción entre los elementos anteriormente descritos; las entidades móviles como vehículos y ciclistas son unidades autónomas cuyo comportamiento y características más relevantes quedan expuestos. Así, la función principal de un modelo de simulación es evaluar la interacción de los participantes en su entorno.

Los objetivos de la simulación se clasifican de la siguiente manera:

1. Representar
2. Caracterizar
3. Rutear

4. Calibrar y Evaluar

5.3.1 Metodología

5.3.1.1 *Representar*

Basados en mapas digitales, los enlaces y conectores tienen características suficientes para representar la geometría y funcionalidad del espacio vehicular. En este sentido, y como primer paso, se reproducen anchos de vía, intersecciones y condicionantes de la operación vehicular.

Como ejemplo, la representación de una calle (LINK) en el modelo se expresa con las siguientes características del programa, donde se puede modificar la elevación de la carretera (en caso de que haya viaductos o túneles), la anchura y el número de carriles, la vocación de la carretera (importante para definir la velocidad máxima permitida), la señalización horizontal, los carriles utilizados como aparcamiento en paralelo e incluso el tono del pavimento (en caso de que sea asfalto o pavimento hidráulico).

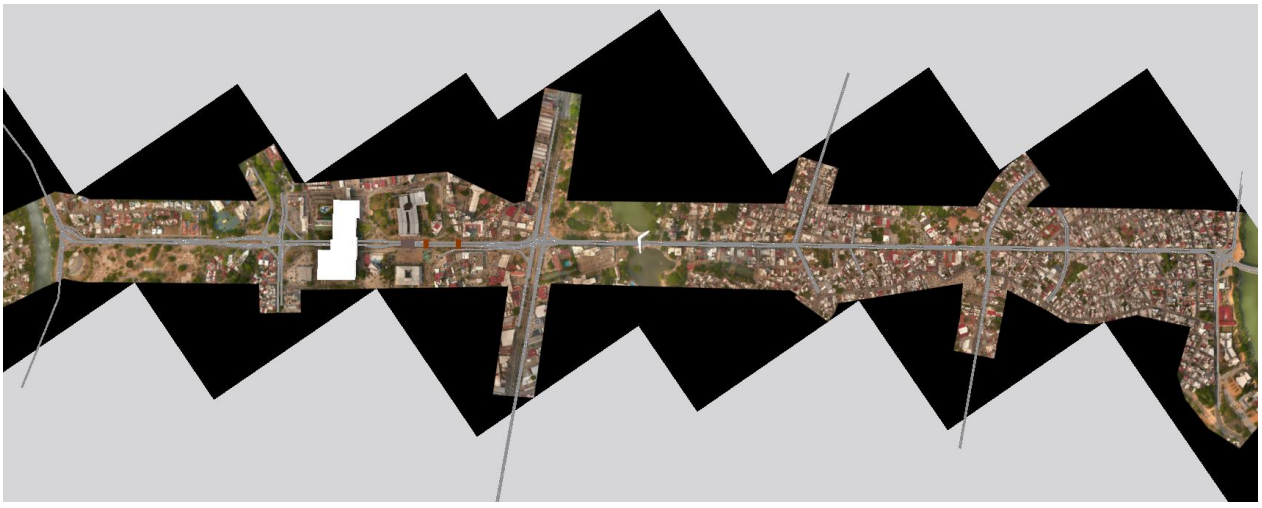


Figura 48. Representación de la red vial de la zona de estudio en PTV VISSIM.

Como ejemplo, la representación de una calle en el modelo se expresa con las características en la siguiente ventana del programa, en donde se puede modificar la elevación de la vialidad (en caso de existir viaductos o túneles), el ancho y número de carriles, la vocación de la vialidad (importante para definir la velocidad máxima permitida), la señalización horizontal, los carriles que se usan como estacionamiento en paralelo e incluso la tonalidad del pavimento (en caso de ser pavimento asfáltico o hidráulico).

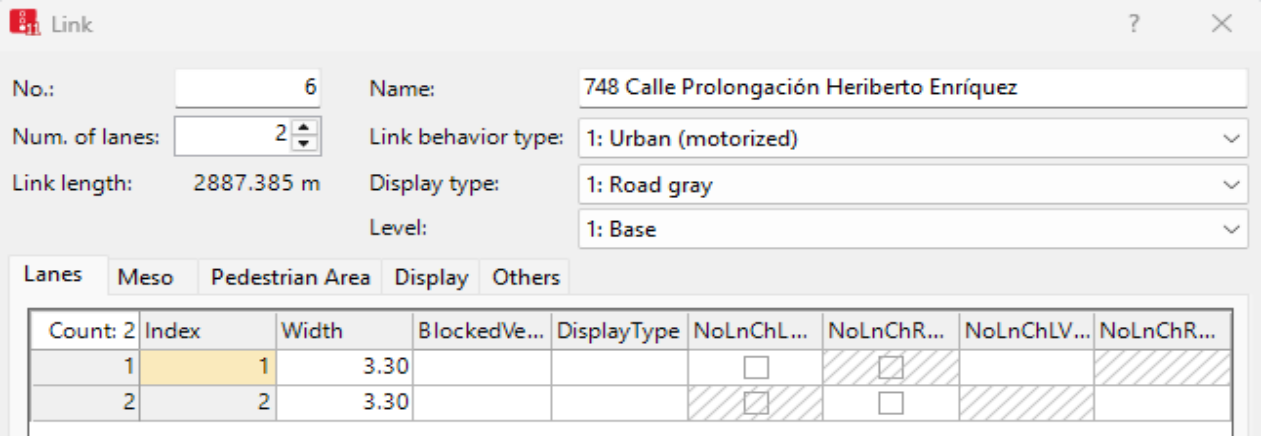


Figura 49. Ejemplo de atributos en una calle (enlace) de la red modelada en VISSIM

5.3.1.2 *Caracterizar*

La caracterización se refiere a la descripción de las características que condicionan la operación vehicular; pero el proceso de modelación requiere un punto intermedio entre la identificación de dichas características y su evaluación, esta etapa es la reproducción de las características observadas y registradas en los trabajos de campo y en la investigación, en el entorno de la herramienta de apoyo para la modelación. Por ejemplo, la cantidad y composición vehicular de una vialidad se asigna e introduce a través de puntos de entrada (inputs) y es distribuida a través de elección local de rutas. Así, los vehículos son modelados como entidades autónomas, guiados por una serie de atributos asociados como velocidad, ocupación promedio, comportamiento en la red (agresividad/pasividad) e interacción con otros entes en movimiento.

5.3.1.3 *Atributos de los vehículos*

El paradigma que se había manejado para la construcción de infraestructura de transporte en la zona de estudio contempla en la punta de la pirámide al vehículo particular, por lo que modelar su comportamiento para la situación actual resulta de crucial importancia para lograr un apego y análisis de la dinámica vial. Para estos se analizó: su interacción con otros vehículos, la manera de llevar a cabo los rebases, los motivos de estos rebases y la manera de aproximarse a una intersección. Dentro del modelo se pueden modificar los atributos necesarios para representar conductas de conductores.

La diversidad de atributos asociada a los vehículos es también muy amplia, se inicia definiendo tipos de vehículo, en ésta se caracteriza: modelo, capacidad, categoría y el nivel de ocupación promedio de los vehículos. Por ejemplo, un automóvil puede entrar en la categoría de vehículo privado con una capacidad de cinco personas, pero con ocupación promedio de una persona: el conductor.

La categoría “Vehicle Compositions” permite editar el porcentaje de automóviles, vehículos pesados, colectivos y autobuses que circulan sobre una vía, esta repartición se obtiene a partir de los trabajos de campo. Dicha segmentación resulta útil porque facilita las evaluaciones y las visualizaciones. A continuación, se muestran ejemplos de las modificaciones disponibles para “Vehicle Types” y “Vehicle Classes”.

Vehicle Types

Select layout... <Single List>

Count: 17	No	Name	Category	Model2D3DDistr	ColorDistr1	OccupDistr	Capacity
1	100	Car	Car	10: Car	1: Default	1: Single Occupancy	0
2	200	HGV	HGV	20: HGV	1: Default		0
3	300	Bus	Bus	30: Bus	1: Default	1: Single Occupancy	110
4	400	Tram	Tram	40: Tram	1: Default	1: Single Occupancy	215
5	510	Man	Pedestrian	100: Man	101: Shirt Man		0
6	520	Woman	Pedestrian	200: Woman	201: Shirt Woman		0
7	610	Bike Man	Bike	61: Bike Man	101: Shirt Man		0
8	620	Bike Woman	Bike	62: Bike Woman	201: Shirt Woman		0
9	630	BICI	Bike	310: BICI	101: Shirt Man		0
10	640	MOTO	Car	320: MOTO	1: Default	1: Single Occupancy	0
11	650	MOTOTAXI	Car	330: MOTOTAXI	1: Default	1: Single Occupancy	0
12	660	CARRO	Car	340: CARRO	1: Default	1: Single Occupancy	0
13	670	CAMIONETA RURAL	Car	350: CAMIONETA RURAL	1: Default	1: Single Occupancy	0
14	680	MICRO	Bus	370: MICRO	1: Default	1: Single Occupancy	110
15	690	BUS	Bus	380: BUS	1: Default	1: Single Occupancy	110
16	700	C2	HGV	390: C2	1: Default		0

Figura 50. Atributos modificables para la modelación de vehículos en VISSIM.

Vehicle Classes / Vehicle Types

Select layout... Vehicle types

Count: 15	No	Name	VehTypes	UseVehTypeColor	Color
1	10	Car	100	☑	(255, 0, 0, 0)
2	20	HGV	200	☑	(255, 0, 0, 0)
3	30	Bus	300	☑	(255, 0, 0, 0)
4	40	Tram	400	☑	(255, 0, 0, 0)
5	50	Pedestrian	510,520	☑	(255, 0, 0, 0)
6	60	Bike	610,620	☑	(255, 0, 0, 0)
7	70	BICI	630	☑	(255, 38, 7...
8	80	MOTO	640	☑	(255, 67, 0,...
9	90	MOTOTAXIS	650	☑	(255, 224,...
10	100	CARRO	660	☑	(255, 0, 0, 0)
11	110	CAMIONETA RURAL	670	☑	(255, 255,...
12	120	MICRO	680	☑	(255, 0, 0, 0)
13	130	BUS	690	☑	(255, 0, 0, 0)
14	140	C2	700	☑	(255, 0, 0, 0)
15	150	C3	710	☑	(255, 0, 0, 0)



Figura 51. Ejemplo de las diferentes clases de vehículos para modelación en VISSIM

5.3.1.4 *Rutas vehiculares*

Las rutas son la opción de los vehículos de tomar un camino u otro, y cuyos valores pueden definirse por porcentajes o números absolutos y para periodos específicos (normalmente segregados por intervalos de 15 minutos, media hora o una hora). Por ejemplo, una aproximación de vehículos, procedentes de Paseo Tabasco que llegan al cruce con 27 de Febrero, pueden ir a la izquierda o a la derecha o continuar sobre la misma avenida.

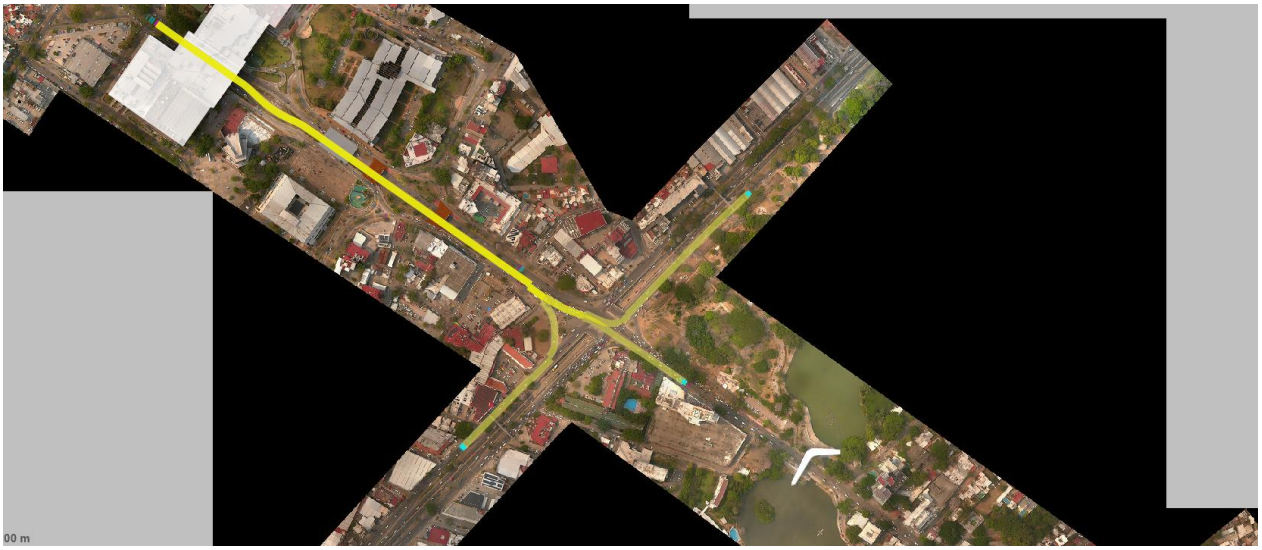


Figura 52. Ejemplo de representación de rutas en PTV VISSIM.

5.3.1.5 *Evaluar y calibrar*

Se busca calificar el desempeño de corredores, de redes viales, intersecciones, etc. Tomando en cuenta criterios como el del HCM, manuales ITDP y comparar dichas calificaciones entre una situación actual (definida como escenario base) y escenarios hipotéticos tras realizar una serie de modificaciones al modelo base, junto a las respectivas medidas de mitigación. Dichos cambios pueden contemplar incorporación de nueva infraestructura vehicular, instalación de puntos atractores de viajes, prohibición de cierto tipo de vehículos en determinadas vialidades, etc. La evaluación y comparación suele llevarse a cabo a través del análisis de indicadores de desempeño en la zona de estudio, los indicadores más comunes son la velocidad promedio, las longitudes de cola, tiempos de recorrido y los kilómetros-vehículo recorridos (KVR).

Así pues, la modelación de la zona de estudio permitirá ser un apoyo en la elaboración de los lineamientos técnicos y estrategias que forman parte del presente proyecto, logrando los objetivos de atención a la demanda, presente y futura, de la zona.

La naturaleza de la simulación permite la interacción de una gran variedad de factores que pueden afectar sensiblemente los resultados esperados, por lo que llega a tenerse un proceso iterativo hasta lograr la semejanza con las condiciones observadas, en el cual el perfeccionismo del modelador es un aspecto clave en la fidelidad y representatividad del modelo.

CALIBRAR

La calibración fue el proceso mediante el cual se asemejaron los flujos vehiculares de los distintos movimientos aforados en el levantamiento de información vial. Cuando se cuenta con estándares aceptables de reproducción apegados a los trabajos de campo, el proceso de calibración ha concluido.

Llegar a reproducir las condiciones del modelo en correspondencia con los trabajos de campo suele ser un proceso tardado, ya que la naturaleza de la simulación permite la interacción de una gran variedad de factores que pueden afectar los resultados. La validación consiste en corroborar, mediante otros indicadores, que las condiciones del modelo cumplen con la reproducción de la situación capturada en trabajos de campo.

Para saber hasta qué momento son aceptables las aproximaciones de flujos entre modelo y aforos se usa el factor GEH, que es una fórmula estadística utilizada en ingeniería de tránsito y modelización de transporte para comparar dos conjuntos de volúmenes de tránsito vehicular.

La fórmula estadística GEH es:

$$GEH = \sqrt{\frac{2(M-C)^2}{M+C}}$$

Donde:
M=Volumen vehicular modelado
C=Volumen vehicular aforado

Utilizando la estadística GEH se evitan algunos fallos que ocurren al utilizar porcentajes para comparar dos conjuntos de volúmenes. Esto es porque los volúmenes de tráfico en sistemas de transporte tienen una amplia gama de variaciones. La estadística GEH reduce este problema, porque es no lineal.

EVALUAR

Una forma de evaluación en VISSIM es mediante el uso de NODOS, que son áreas confinadas dentro de la red que suelen situarse en las intersecciones y en las que se dispone de información previa para su comparación directa durante un periodo determinado. Otra forma de evaluación es mediante el uso de TRAVEL TIMES, que son puntos de conteo de diferentes variables (vehículos, tiempos, demoras y distancias) y se establecen de acuerdo con los movimientos direccionales de cada intersección.

El objetivo es calificar el rendimiento de corredores, redes viarias, intersecciones, etc. Teniendo en cuenta los criterios establecidos en manuales como HCM 2010, y comparando estas calificaciones entre una situación actual (definida como escenario base) y escenarios hipotéticos tras realizar una serie de modificaciones en el modelo base, junto con las respectivas medidas de mitigación

La evaluación suele llevarse a cabo mediante el análisis de los indicadores de rendimiento en la zona de estudio, siendo los más comunes la velocidad media, la longitud de las colas, los tiempos de viaje y los retrasos. Concluyendo con la obtención de los niveles de servicio, los cuales son una medida cualitativa que revela las condiciones de funcionamiento de un flujo de vehículos y/o personas, y su percepción por parte de los conductores o pasajeros.

5.3.1.6 *Niveles de servicio*

El nivel de servicio es una medida cualitativa que describe las condiciones de funcionamiento de un flujo de vehículos y su percepción por parte de los conductores. Se han establecido seis niveles de servicio: A, B, C, D, E y F, que van del mejor al peor caso. A continuación, se describe brevemente lo que representa cada nivel de servicio.

NIVEL DE SERVICIO A

Circulación libre en la que el funcionamiento de los vehículos no está limitado por la presencia de otros vehículos o por las condiciones geométricas de la vía. Si un vehículo sufre una avería o un incidente menor, las consecuencias para la circulación son fácilmente absorbibles sin que se produzcan alteraciones graves en las condiciones de fluidez.

NIVEL DE SERVICIO B

Los vehículos continúan circulando a flujo libre, aunque a partir de este punto la presencia de otros vehículos en la vía se hace más notoria. Las velocidades medias de circulación en este nivel son las mismas que en el nivel "A", aunque los conductores ya no tienen la misma libertad de maniobra. Los pequeños incidentes o averías de los vehículos se siguen absorbiendo con cierta facilidad, aunque sus consecuencias son más perceptibles.

NIVEL DE SERVICIO C

Pertenece al rango de flujo estable, pero marca el inicio del dominio en el que el funcionamiento de los usuarios individuales se ve afectado significativamente por las interacciones con otros usuarios. Una interrupción del tráfico puede provocar graves perturbaciones locales y la formación de colas a partir de los puntos de ruptura del flujo.

NIVEL DE SERVICIO D

Representa un tráfico de alta densidad, pero estable, la velocidad y la libertad de maniobra están muy restringidas. El conductor experimenta un bajo nivel general de confort y comodidad.

NIVEL DE SERVICIO E

La explotación se produce en condiciones muy próximas a la capacidad máxima de la vía, la velocidad está muy restringida y el tráfico se vuelve muy inestable. Los incidentes menores pueden no disiparse rápidamente y pueden formarse colas que provoquen un descenso al nivel de servicio F.

NIVEL DE SERVICIO F

Representa las condiciones de flujo forzado, esta situación se produce cuando el flujo en un punto supera la capacidad a través de la cual puede circular. En las colas que se forman a partir de los puntos de interrupción del lujo, los vehículos experimentan breves periodos de movimiento alternados con paradas.

En este estudio, el nivel de servicio está dado en función de los retrasos por vehículo; por lo tanto, cuanto mayor sean los retrasos experimentados por un conjunto de vehículos, mayor será el nivel de servicio, así como se muestra en la siguiente tabla:

LOS	DEMORAS (seg/vh)	
	INTERSECCIÓN SEMAFORIZADA	INTERSECCIÓN NO SEMAFORIZADA
A	Demoras < 10 seg	
B	10-20	10-15
C	20-35	15-25
D	35-55	25-35
E	55-80	35-50
F	> 80	> 50

Tabla 19. Niveles de servicio en función de las demoras

5.3.2 Análisis de resultados

El presente apartado expone y analiza los resultados obtenidos a partir del modelo de microsimulación desarrollado para representar el comportamiento del corredor Paseo Tabasco. El análisis abarca las distintas etapas del proceso, comenzando con la calibración del modelo, la cual garantiza la representatividad y validez del mismo frente a las condiciones reales observadas en terreno. Posteriormente, se presentan los resultados de simulación bajo distintos escenarios operacionales, evaluando el desempeño del sistema a través de indicadores clave como el flujo vehicular, los tiempos de viaje, la velocidad promedio y demoras.

Finalmente, se realiza una evaluación de los niveles de servicio (LOS), conforme a los criterios establecidos anteriormente, permitiendo valorar la eficiencia de la infraestructura vial en términos de comodidad, estabilidad y calidad de circulación para los usuarios. Este análisis integral busca sustentar la toma de decisiones en el diseño o mejora de las condiciones operacionales de la red modelada.

5.3.2.1 *Calibración del modelo*

La calibración del modelo de microsimulación se llevó a cabo con el objetivo de asegurar que el comportamiento del modelo representara adecuadamente las condiciones reales observadas en campo. Para ello, se evaluó el grado de ajuste entre los resultados simulados y los datos empíricos mediante tres indicadores principales: el estadístico GEH, el coeficiente de determinación (R^2) y la comparación de tiempos de recorrido.

El estadístico GEH es una medida que combina las ventajas de la comparación absoluta y relativa de los volúmenes vehiculares, siendo ampliamente utilizado en calibraciones de modelos de tránsito. Su función es cuantificar la diferencia entre los volúmenes observados y simulados, de manera que valores de GEH ≤ 5.0 se consideran dentro de un rango aceptable en al menos 85% del conjunto de datos, mientras que valores entre 5.0 y 10.0 pueden ser tolerables en situaciones específicas.

De igual forma, el coeficiente de determinación (R^2) fue utilizado para evaluar la correlación entre los volúmenes modelados y los observados. Este indicador mide el grado de ajuste lineal entre ambos conjuntos de datos, donde un valor de $R^2 \geq 0.85$ es considerado el estándar mínimo aceptable para modelos de microsimulación de tráfico, según las recomendaciones del *Highway Capacity Manual (HCM)* y las guías del software PTV Vissim.

Finalmente, la comparación de tiempos de recorrido permite validar que las velocidades operativas y los retrasos simulados sean coherentes con los experimentados por los usuarios reales. Esta verificación se realiza mediante mediciones de campo (vehículos flotantes o registros GPS) y los resultados modelados, buscando desviaciones promedio inferiores al 10% respecto al valor observado, lo cual garantiza una adecuada representación del desempeño operativo del sistema vial.

Estadístico GEH

El análisis del estadístico GEH evidenció un alto nivel de ajuste entre los volúmenes observados y los modelados. De un total de 81 pares de datos, 71 presentaron un valor de GEH inferior a 5.0, lo que equivale al 88% del total analizado. Ningún punto superó el valor de GEH = 10, considerado el límite superior aceptable en procesos de calibración.

MOVIMIENTOS	%GEH <5	%GEH <10	%GEH <12
81	88%	100%	100%

Tabla 20. Resultados de la calibración por medio de la variable GEH

Este resultado refleja una alta consistencia estadística del modelo, cumpliendo con el criterio internacional que establece que al menos el 85% de los puntos deben registrar un GEH ≤ 5.0 para considerarse una calibración satisfactoria. Por tanto, se confirma que el modelo reproduce con gran precisión los volúmenes vehiculares observados en campo, garantizando su fiabilidad para el análisis operativo.

Coeficiente de Determinación (R^2)

El análisis de correlación entre los volúmenes aforados y los volúmenes modelados arrojó un valor de $R^2 = 0.9466$, como se observa en la gráfica adjunta. Este valor indica una correlación casi perfecta entre ambos conjuntos de datos, lo que demuestra que el modelo explica aproximadamente el 94.6% de la variabilidad observada en los volúmenes de tránsito.

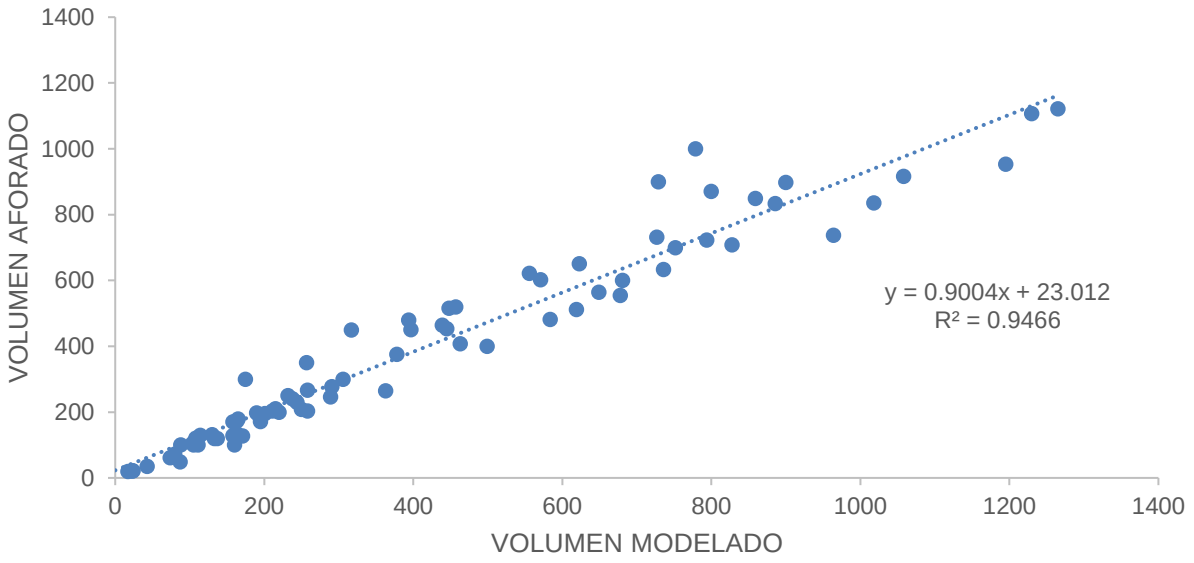


Figura 53. Coeficiente de correlación lineal entre los volúmenes aforados y los observados.

La pendiente obtenida (0.9004) muestra una ligera tendencia del modelo a subestimar los flujos en algunos puntos, aunque dicha diferencia se mantiene dentro de márgenes aceptables y no afecta de forma significativa la representatividad global del modelo. De acuerdo con las guías internacionales de calibración (PTV Vissim y Highway Capacity Manual), un valor de $R^2 \geq 0.85$ es considerado adecuado para validar la correspondencia entre los datos modelados y observados, por lo que el resultado obtenido supera ampliamente este umbral.

Tiempos de recorrido

En relación a los tiempos de recorrido, el análisis mostró que, en dirección Carlos A. Madrazo, el modelo arrojó un tiempo promedio de 14.6 minutos, frente a los 16 minutos observados en campo, lo que representa una diferencia del 8%, equivalente a una ligera subestimación del tiempo real de recorrido. Por otro lado, en la dirección Periférico, el tiempo modelado fue de 19.3 minutos, frente a 19 minutos en campo, lo que refleja una diferencia de -2%, es decir, una mínima sobrestimación del recorrido real.

DIRECCIÓN	TT MODELO (min)	TT CAMPO (min)	DIFERENCIA (%)	DISTANCIA (km)
Carlos A. Madrazo	14.6	16	**8%**	4.3
Periférico	19.3	19	**-2%**	4.3

Tabla 21. Comparación de tiempos de recorrido registrados en el modelo y obtenidos en campo

Las variaciones porcentuales obtenidas (todas dentro del rango de ±10%) se consideran técnicamente aceptables de acuerdo con los criterios de calibración establecidos por PTV Vissim y el *Highway Capacity Manual (HCM)*, lo que confirma que el modelo reproduce con alta precisión los tiempos de desplazamiento experimentados por los usuarios.

En conjunto, los resultados obtenidos para los indicadores GEH, R^2 y tiempos de recorrido demuestran que el modelo calibrado presenta un elevado nivel de ajuste y consistencia, reproduciendo fielmente los patrones de flujo, velocidad y desplazamiento observados en campo. Por tanto, el modelo puede considerarse válido y confiable para la evaluación de escenarios futuros, análisis de capacidad vial y simulación de alternativas operativas o geométricas en el corredor estudiado.

5.3.2.2 *Análisis de Velocidades*

El análisis de velocidades promedio obtenidas a partir del modelo de microsimulación permitió identificar los patrones de operación vehicular a lo largo del corredor Paseo Tabasco, comprendido entre Periférico Carlos Pellicer Cámara y el Malecón Carlos A. Madrazo.

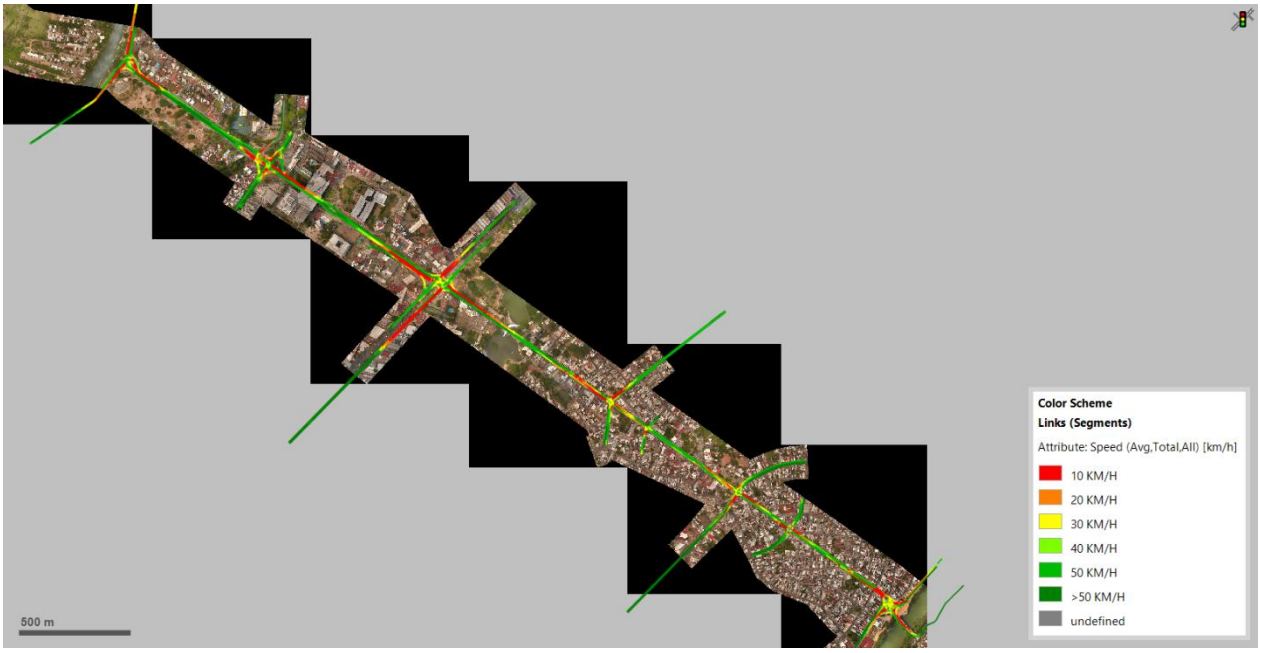


Figura 54. Esquema de velocidades

El esquema de velocidades modeladas evidencia condiciones operativas heterogéneas a lo largo del corredor. Los segmentos con velocidades mayores a 40 km/h (color verde) se concentran en los tramos intermedios libres de control semafórico o intersecciones complejas con altos flujos vehiculares, mientras que las zonas representadas en tonalidades amarillas, naranjas y rojas (≤ 30 km/h) se ubican

principalmente en las inmediaciones de las intersecciones y en los accesos a los cruces con mayor demanda vehicular, tales como Ruiz Cortines, Gregorio Méndez y 27 de Febrero.

Las reducciones de velocidad se asocian principalmente a la inconsistencia temporal entre los tiempos de verde y los ciclos de las intersecciones consecutivas, lo que genera frecuentes detenciones y ruptura de las progresiones vehiculares. A ello se suma la ocupación del carril derecho como zona de estacionamiento entre Ruiz Cortines y el Malecón Carlos A. Madrazo, reduciendo la capacidad efectiva del corredor y provocando estrechamientos en la sección operativa, especialmente durante la hora punta.

En términos generales, el corredor opera con velocidades promedio entre 10 y 40 km/h, con predominio de valores inferiores a 30 km/h en las zonas de cruce. Este comportamiento sugiere la necesidad de reajustar los planes semafóricos, revisar la duración de las fases críticas y gestionar el estacionamiento en vía pública para mejorar la eficiencia global del corredor.

Respecto a la velocidad promedio dentro del corredor, se registraron valores de 17.68 km/h en la dirección Carlos A. Madrazo y 13.36 km/h en la dirección Periférico. Estas velocidades son consistentes con las condiciones de operación observadas, propias de corredores urbanos con presencia de semáforos, cruces y volúmenes significativos de tránsito.

DIRECCIÓN	TT MODELO (min)	DISTANCIA (km)	VELOCIDAD (km/hr)
Carlos A. Madrazo	14.6	4.3	**17.68**
Periférico	19.3	4.3	**13.36**

Tabla 22. Velocidades promedio en el corredor

Al realizar un análisis detallado, se pueden identificar tres intersecciones con los mayores niveles de congestión y pérdida de eficiencia dentro del corredor Paseo Tabasco: AD03 (Paseo Tabasco y Adolfo Ruiz Cortines), AD06 (Paseo Tabasco y Av. 27 de Febrero) y AD08 (Paseo Tabasco y Malecón Carlos A. Madrazo). En estos puntos se registran velocidades promedio inferiores a 20 km/h, en los accesos principales. En el caso particular de la intersección con Ruiz Cortines, la demanda vehicular para giros izquierda reduce la eficiencia del ciclo semafórico; en el cruce con 27 de Febrero (la venta), la duración limitada del verde efectivo y la elevada carga vehicular generan acumulaciones notorias en ambos sentidos del corredor, principalmente en dirección a periférico; mientras que en el entronque con el Malecón Carlos A. Madrazo se presenta una pérdida significativa de capacidad operativa debido a los tiempos de verde asignados a cada fase, principalmente sobre Paseo Tabasco, los cuales son de hasta 16 seg. Estas condiciones derivan en un patrón de operación interrumpido, con velocidades bajas y múltiples detenciones consecutivas, tal como se ve en la siguiente figura.

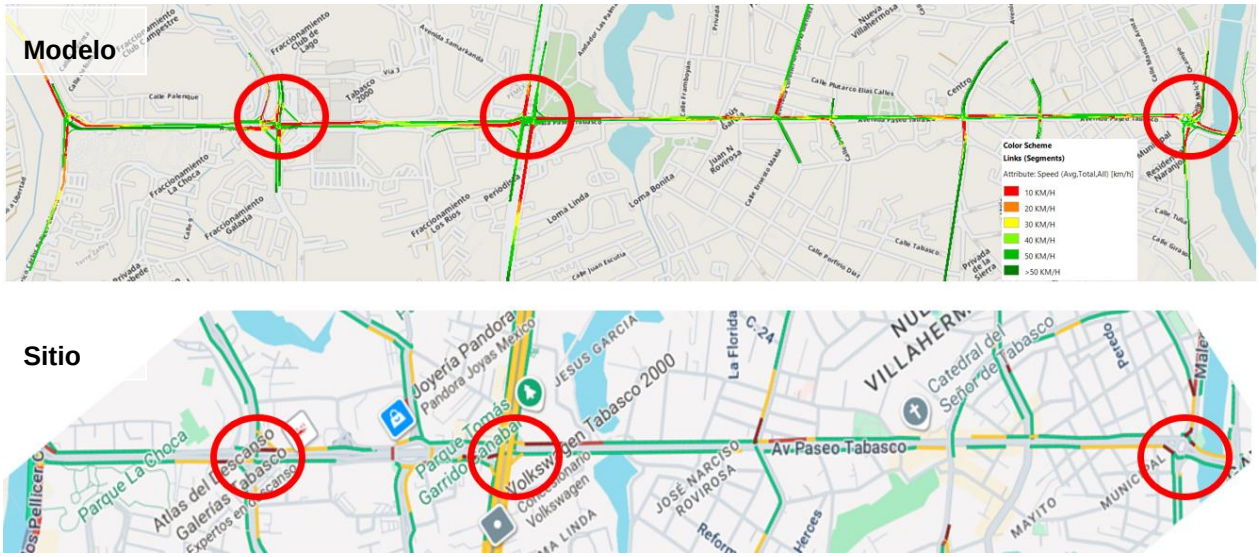


Figura 55. Comparación de puntos conflictivos modelo/sitio

5.3.2.3 *Niveles de servicio*

El análisis de desempeño obtenido a partir del modelo de microsimulación permitió evaluar la eficiencia operativa de las ocho intersecciones semaforizadas que integran el corredor Paseo Tabasco, considerando tres indicadores principales: la longitud máxima de cola (QLENMAX), la demora promedio por vehículo (DELAY) y el nivel de servicio (LOS).

Los resultados reflejan un comportamiento heterogéneo a lo largo de Paseo Tabasco, con niveles de servicio que oscilan entre B y F, evidenciando una operación irregular y zonas puntuales con niveles de saturación crítica. En particular, las intersecciones AD02 (Paseo Tabasco y 27 de Febrero), AD03 (Paseo Tabasco y Adolfo Ruiz Cortines) y AD08 (Paseo Tabasco y Malecón Carlos A. Madrazo) presentan niveles de servicio F, con demoras promedio superiores a 90 segundos por vehículo y colas máximas que rebasan los 350 m, lo que indica condiciones de sobrecarga y ciclos semafóricos insuficientes para evacuar los volúmenes presentes en hora pico.

NODE	QLENMAX (m)	DEMORA PROMEDIO (s)	L.O.S
AD01: Paseo Tabasco y Periférico Carlos Pellicer Cámara	486.10	74.74	E
AD02: Paseo Tabasco y 27 Febrero (Venta)	484.03	91.37	F
AD03: Paseo Tabasco y Adolfo Ruiz Cortines	504.80	136.81	F
AD04: Paseo Tabasco y Av. Gregorio Méndez	202.90	39.39	D
AD05: Paseo Tabasco y Calle 8 horas	141.79	10.15	B
AD06: Paseo Tabasco y Av. 27 de Febrero	211.18	42.02	D
AD07: Paseo Tabasco y Av. Francisco Javier Mina	124.61	22.07	C
AD08: Av. Paseo Tabasco y malecón Carlos A Madrazo	352.29	91.90	F

Tabla 23. Análisis de Desempeño por Intersección

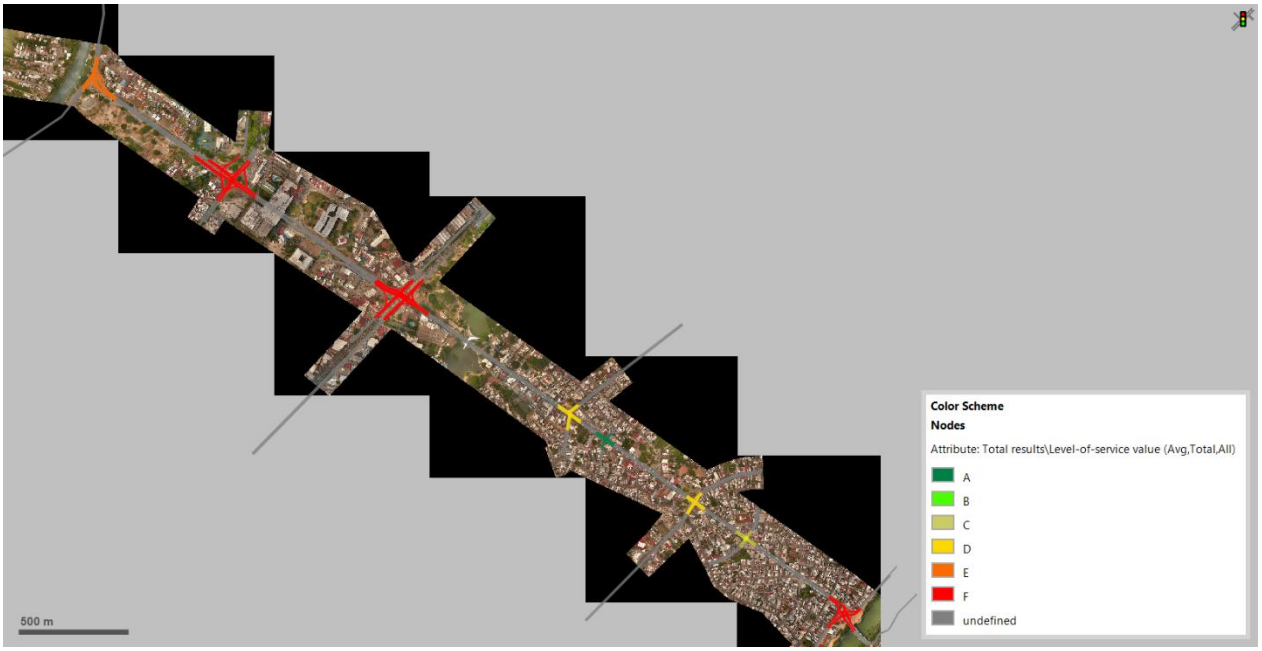


Figura 56. Esquema de Niveles de servicio

Es importante señalar que las longitudes de cola no están directamente relacionadas con las demoras. En varios casos, como AD01 (Periférico Carlos Pellicer Cámara) o AD04 (Gregorio Méndez), se observan colas largas con demoras moderadas, lo que sugiere que la acumulación se dispersa durante el tiempo de verde asignado, mientras que en otras intersecciones con colas más cortas, como AD06 (Av. 27 de Febrero), las demoras son elevadas debido a la baja eficiencia del ciclo semafórico generado por vueltas izquierdas semaforizadas, el entrecruzamiento de flujos e inclusive el sesgo de capacidad vial que existe gracias al estacionamiento en vía pública. Esto evidencia que las demoras están asociadas a la operación y gestión del tránsito en la interacción, volúmenes vehiculares altos, así como las restricciones geométricas, y no a la longitud física de las colas en sí; que incluso, estas son también una consecuencia misma de los factores antes mencionados.

En resumen, la demora promedio observada responde principalmente a tres factores estructurales:

1. Desfase entre los ciclos semafóricos consecutivos, lo que interrumpe la progresión vehicular y genera detenciones repetidas.
2. Reducción de la sección operativa por el estacionamiento en vía pública, particularmente entre Ruiz Cortines y el Malecón Carlos A. Madrazo, donde un carril por sentido se encuentra ocupado, disminuyendo la capacidad efectiva.
3. Interacciones complejas entre flujos, especialmente en AD03 (Adolfo Ruiz Cortines), donde se presenta un entrecruzamiento de carriles entre la vialidad lateral y la central de Paseo Tabasco, además de presentar un esquema semafórico de 4 fases (una por cuerpo vial), generando conflictos de trenzado que ralentizan el flujo y aumentan significativamente la demora por vehículo.

Por contraste, las intersecciones AD05 (Calle 8 Horas) y AD07 (Francisco Javier Mina) muestran un funcionamiento estable, con niveles de servicio B y C, colas inferiores a 150 m y demoras menores a 25 segundos, lo que indica un balance adecuado entre la demanda y la capacidad.

En términos globales, el corredor presenta una operación predominantemente discontinua, con niveles de servicio D a F en cinco de las ocho intersecciones, lo que refleja una red semafórica poco sincronizada y una utilización ineficiente del espacio vial. Los resultados sugieren que las principales pérdidas de capacidad no provienen del volumen absoluto, sino de condiciones operativas externas, tales como los tiempos de verde inadecuados, la invasión de carriles y la interacción de flujos entre carriles, accesos laterales y la constante en el corredor: vueltas izquierdas.

Los problemas de congestión dentro del corredor generan, en condiciones reales de operación, tiempos de traslado de hasta 16 minutos en dirección hacia Carlos A. Madrazo y 19 minutos en dirección Periférico, frente a un tiempo de 9 minutos en condiciones de flujo libre (sin interferencias). Esto se traduce en un tiempo perdido promedio de 7 y 10 minutos por recorrido, respectivamente.

DIRECCIÓN	TT CAMPO (min)	TT FLUJO LIBRE (min)	TIEMPO PERDIDO (min)
Carlos A. Madrazo	16	9	**7**
Periférico	19	9	**10**

Tabla 24. Tiempo perdido por el congestionamiento

Estas diferencias reflejan la magnitud del impacto operativo generado por la congestión vial, donde las condiciones operativas antes mencionadas, particularmente en la zona de Adolfo Ruiz Cortines, contribuyen de forma significativa a la pérdida de eficiencia del corredor, de tal forma que un vehículo que recorra habitualmente el corredor en ambos sentidos podría perder alrededor de 4,318 min al año (72 horas), lo que equivale a tres días completos de tiempo improductivo debido al congestionamiento.

5.4 Caracterización de los puntos de parada del sistema actual.

Actualmente, en Villahermosa, las paradas de transporte público representan un elemento importante de la infraestructura urbana, ya que permiten que la población pueda conectar con servicios, centros de trabajo, escuelas y otras actividades. Sin embargo, a pesar de su relevancia en temas de movilidad, muchas de las paradas existentes carecen de un diseño adecuado o son mínimas las condiciones de accesibilidad, seguridad y confort para los usuarios.

En la ciudad de Villahermosa se observa que predominan las paradas con infraestructura limitada: postes sin señalización clara, ausencia de mobiliario urbano, falta de techado y poca accesibilidad para personas con discapacidad. Para llegar a estas conclusiones, se realizó un análisis de la información proporcionada por MOVITAB, que incluye la ubicación de las paradas existentes, así como recorridos virtuales mediante Google Maps, los cuales permitieron validar tanto su localización como las condiciones físicas de cada punto.

Con base en estos criterios, se elaboró una clasificación de los hallazgos, agrupando las paradas en cuatro tipos, los cuales se describen a continuación.

5.4.1 Tipo 1 – Estructura de concreto

Las paradas de transporte público en Villahermosa presentan una notable diversidad en cuanto a diseño, materiales y nivel de mantenimiento. Algunas paradas, como la del Hospital Regional de Alta Especialidad de la Mujer y la del Parque Lineal Carlos A. Madrazo Becerra, muestran estructuras que buscan la integración con el entorno urbano. En contraste, otras como la parada frente a XHTVL Canal 13 tienen un diseño más básico, con infraestructura limitada y menor nivel de confort para los usuarios.



Figura 57. Paradas existentes tipo 1

Algunas cuentan con bancas visibles y techos adecuados, mientras que otras carecen de mobiliario o presentan estructuras abiertas que no protegen suficientemente contra el sol o la lluvia y en cuanto al mantenimiento, las condiciones cada una de las paradas es diferente.

En cuanto a la ubicación de las paradas se puede observar que algunas paradas están localizadas en puntos estratégicos como lo son instituciones educativas, hospitales y parques, lo que facilita el acceso a servicios clave. Sin embargo, se puede observar la falta de señalización en algunas estructuras lo que puede dificultar la identificación de las rutas y horarios disponibles.

Se puede decir que este tipo de paradas de transporte público muestran buenas áreas de oportunidad que ayuden a mejorar la experiencia de los usuarios y fortalecer el sistema de transporte urbano.

5.4.2 Tipo 2 –Parada con refugio

Las paradas de tipo 2 muestran una infraestructura diferente en temas de comodidad, protección y señalización. Estas paradas se identificaron principalmente zonas con actividad comercial, educativa o social. Por ejemplo, la parada en Plaza Sendero que al considerarse un importante punto de atracción de viajes es necesaria la presencia de resguardos que ayuden a refugiarse de las condiciones climatológicas que caracterizan a Villahermosa.

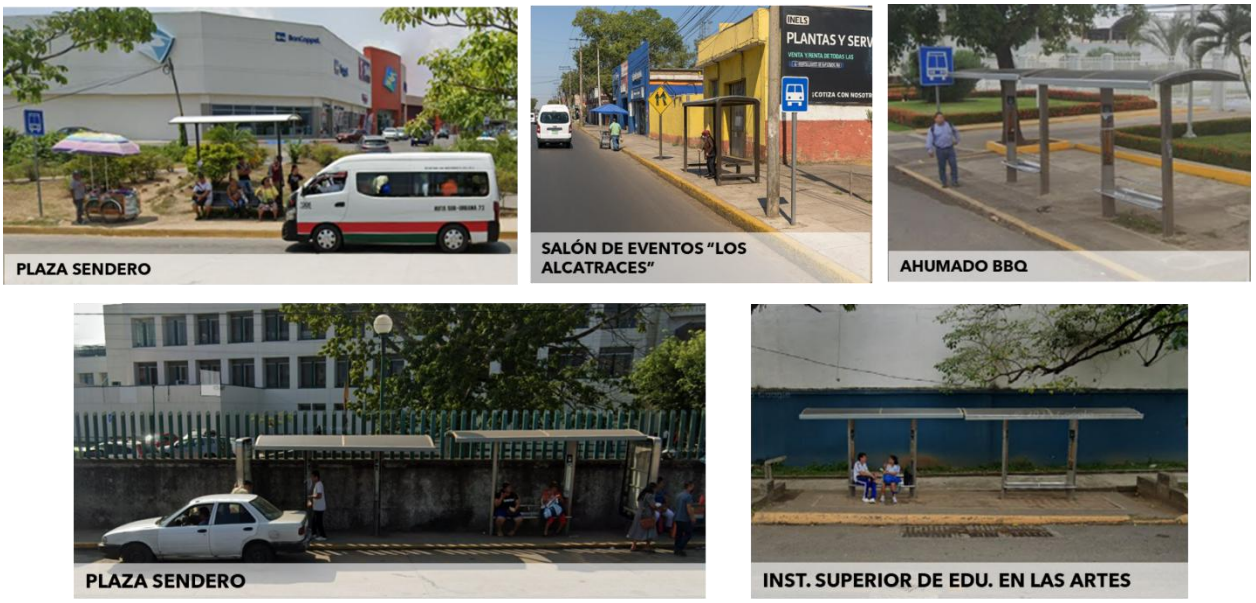


Figura 58. Paradas existentes tipo 2

Otro ejemplo es a la parada que se encuentra frente al Salón de Eventos "Los Alcatraces" la cual cuenta con señalización básica, sin embargo, se observa que carece de un refugio que se encuentre en buenas condiciones lo que puede afectar la comodidad y seguridad de los usuarios.

Mientras que la parada frente al Instituto Superior de Educación en las Artes muestra una estructura con bancas y techo, lo que ayuda responder a las necesidades de estudiantes y personal académico.

En conclusión se puede decir que este tipo de paradas cuentan con infraestructura que cumplen con funciones básicas de espera y acceso al transporte, pero que requiere mejoras en diseño, protección climática y señalización, por lo que se sugiere dar el mantenimiento que la infraestructura necesita.

5.4.3 Tipo 3 –Poste con señal

El tipo de paradas que se clasificaron como tipo 3, son aquellas que están señalizadas únicamente mediante postes con letreros, sin estructuras físicas que proporcionen sombra, protección contra el clima o mobiliario para los usuarios. Por lo regular estas paradas sobre banquetas angostas con espacios limitado para el ascenso y descenso de pasajeros, además de que podría generar conflictos entre peatones y usuarios del transporte.

La señalización es visible, pero no hay elementos que indiquen rutas, horarios o condiciones de accesibilidad. Por lo que se pudo observar estas paradas reflejan una infraestructura básica que cumple únicamente con la función de señalización, sin considerar aspectos de comodidad, seguridad o accesibilidad. Se recomienda implementar estructuras físicas estandarizadas que incluyan techos, bancas, iluminación, señalización informativa y elementos de accesibilidad universal.



Figura 59. Paradas existentes tipo 3

5.4.4 Tipo 4 – Informal

Por último, las paradas informales las cuales se encuentran puntos de ascenso y descenso de pasajeros que no cuentan con una ubicación oficial, infraestructura definida ni señalización visible que las identifique como parte del sistema formal de transporte. Estas paradas surgen, en muchos casos, por la necesidad de los usuarios de contar con un acceso más cercano a sus viviendas, trabajos o destinos frecuentes.

Estas paradas carecen de infraestructura básica, como techado, bancas, iluminación o señalética, lo que genera condiciones adversas para los usuarios, especialmente con las condiciones climatológicas que caracterizan a Villahermosa. Además, su ubicación puede generar riesgos, tanto para peatones como para el flujo vehicular, debido a que muchas de ellas se encuentran en zonas con escasa visibilidad o sin espacio seguro para el ascenso y descenso.

6 SISTEMA DE TRANSPORTE INTEGRADO

El proyecto de Consolidación del Eje Oriente–Poniente de Villahermosa forma parte de una estrategia integral de movilidad urbana orientada a transformar el sistema de transporte público y mejorar la conectividad entre los principales sectores de la ciudad. Su desarrollo busca atender la creciente demanda de desplazamientos, reducir los tiempos de viaje y ofrecer una alternativa eficiente, segura y sostenible al uso del vehículo particular.

El componente central del proyecto es la implementación de un Sistema Integrado de Transporte Público (SIT) conformado por seis rutas troncales de autobuses y una ruta fluvial, que en conjunto estructuran una red de servicio continua, jerarquizada y complementaria. Estas rutas están diseñadas para conectar zonas habitacionales, comerciales, educativas y administrativas, garantizando la cobertura de los principales ejes viales de la ciudad como Paseo Tabasco, Ruiz Cortines, Gregorio Méndez, Universidad, y el Periférico Carlos Pellicer Cámara.

La incorporación de la ruta fluvial sobre el río Grijalva representa un elemento innovador dentro del sistema, al aprovechar la infraestructura natural existente para mejorar la conectividad entre las márgenes norte y sur, al tiempo que promueve una movilidad más limpia y sustentable.

El corredor Paseo Tabasco constituye el eje estructurante del sistema, articulando el flujo de transporte público y privado en sentido oriente–poniente. Su adecuación incluye la reorganización de carriles, la modernización de intersecciones, la optimización de los ciclos semafóricos y la implementación de infraestructura prioritaria para el transporte público. Esto permitirá mejorar la velocidad comercial de los autobuses, reducir los tiempos de recorrido y aumentar la confiabilidad del servicio.

Asimismo, el proyecto contempla la construcción y adecuación de infraestructuras estratégicas, entre las que destacan el Puente Carrizal y el Puente sobre Boulevard Adolfo Ruiz Cortines, obras que facilitarán la continuidad del corredor y permitirán un flujo más eficiente entre los sectores oriente y poniente de la ciudad, disminuyendo los puntos de conflicto vehicular y mejorando la capacidad operativa de la red.

Finalmente, el proyecto incorpora acciones complementarias de gestión y control del tránsito, como la optimización del sistema semafórico, la reconfiguración de intersecciones críticas y la mejora de la señalización y paraderos del transporte público, elementos indispensables para garantizar una operación coordinada entre modos de transporte y optimizar la seguridad vial en todo el eje.

En conjunto, estas intervenciones conforman un proyecto integral de movilidad, que no solo busca incrementar la eficiencia operativa del sistema de transporte, sino también contribuir a la sostenibilidad ambiental, la inclusión social y la calidad de vida urbana en Villahermosa.

6.1 Optimización semafórica

Con el objetivo de mejorar la eficiencia operacional y la continuidad del flujo vehicular a lo largo del corredor Paseo Tabasco, se desarrolló un proceso de optimización semafórica fundamentado en la metodología de Webster, ampliamente utilizada en la ingeniería de tránsito para determinar los ciclos y tiempos de fase que minimizan el retraso promedio por vehículo. Este procedimiento permite definir la duración óptima del ciclo semafórico y la asignación proporcional del tiempo verde a cada fase, en función de la demanda y las condiciones de saturación de la intersección.

El proceso inició con el levantamiento y análisis de los planes semafóricos existentes, identificando las fases operativas, los tiempos actuales de ciclo y la distribución de movimientos por sentido. A partir de esta información, se aplicaron ajustes orientados a maximizar la eficiencia de cada cruce y mejorar la coordinación progresiva entre intersecciones consecutivas, priorizando el flujo direccional predominante del corredor.

La optimización se realizó bajo los siguientes principios técnicos:

1. ***Agrupación funcional de movimientos por fase***: se buscó integrar el mayor número de movimientos compatibles dentro de una misma fase, siempre que no generaran conflictos de trayectoria, con el propósito de aprovechar mejor el tiempo efectivo del ciclo y reducir los intervalos perdidos entre fases.
2. ***Reducción del número total de fases***: se simplificaron los esquemas semafóricos eliminando fases redundantes o de baja demanda, obteniendo ciclos más compactos y una operación más estable. Esta medida contribuye a reducir el tiempo total de ciclo y, por ende, las demoras promedio.
3. ***Minimización de giros izquierdos semaforizados***: se analizaron las intersecciones con altos tiempos muertos asociados a movimientos de vuelta izquierda, proponiendo su eliminación o reconfiguración mediante giros indirectos o fases protegidas-parciales, disminuyendo los conflictos y optimizando el uso del tiempo verde disponible.

Bajo este esquema, la metodología de Webster (1958) se aplicó para determinar los ciclos óptimos de operación, considerando los volúmenes aforados y los tiempos de saturación observados. La fórmula propuesta por Webster se fundamenta en la minimización del retraso promedio mediante la relación entre la tasa de flujo y la capacidad de cada fase, garantizando que el ciclo resultante sea el más eficiente posible para las condiciones de demanda registradas.

La ecuación general utilizada es:

$$C_o = \frac{1.5L + 5}{1 - \sum y}$$

Donde:
Co= Ciclo óptimo
L=Tiempo perdido por ciclo
y= grados de saturación críticos.

El tiempo total de pérdidas se estimó considerando los intervalos de arranque, despeje y transición amarilla de cada fase, mientras que los grados de saturación se calcularon con base en los volúmenes horarios máximos observados durante la Hora de Máxima Demanda (HMD) y las capacidades de los movimientos según su configuración geométrica.

Una vez determinado el ciclo óptimo, se procedió a calcular la asignación del tiempo verde efectivo (gi) para cada fase, empleando la proporcionalidad del grado de saturación de cada movimiento respecto a la demanda total del cruce, conforme a la expresión:

$$g_i = \left(\frac{y_i}{\sum y}\right)(C_O - L)$$

Donde:
Gi= tempo de verde efectivo asignado a cada fase

Co= Ciclo óptimo
L=Tiempo perdido por ciclo
y= grados de saturación críticos.

Esta metodología garantiza que cada fase reciba un tiempo verde proporcional a su nivel de demanda, evitando tanto la sobreasignación como la saturación prematura de los movimientos secundarios. Los resultados obtenidos permitieron equilibrar la capacidad de servicio de cada cruce y mejorar la progresión entre intersecciones consecutivas, favoreciendo la continuidad del flujo vehicular a lo largo del eje.

La propuesta de fases y ciclos se muestra a continuación:

6.2 Rutas del Sistema de Transporte Integrado

El sistema integrado de transporte público de Villahermosa estará conformado por un conjunto de servicios que ofrecerá a los ciudadanos una forma eficiente, accesible, segura y sostenible de desplazarse dentro de una ciudad. Este sistema combina diferentes modos de transporte y tecnologías para funcionar como una red coordinada.

Los principales componentes del sistema contemplan 2 modos de transporte, autobuses y transporte fluvial, complementado con los siguientes elementos de infraestructura de soporte:

1. Carriles de tránsito prioritario en la Avenida Paseo Tabasco, eje principal del sistema integrado
2. Estaciones de acceso en la Avenida Paseo Tabasco
3. Paradas regulares en las vías diferentes a Paseo Tabasco
4. Puntos de trasferencia entre modo fluvial y autobús
5. Sistemas de señalización y control de tráfico

Adicionalmente el sistema prevé un sistema de pago integrado que permitirá a través del medio de pago (tarjeta única, apps móviles, QR, etc.) la trasferencia entre los buses y embarcaciones. La gestión de la operación estará centralizada a través de un sistema de control.

- Adicionalmente el sistema contará con:
- Información en tiempo real (pantallas, apps, web)
- Gestión inteligente del tráfico (semáforos adaptativos, sensores, GPS)
- Plataformas de planificación de viajes

La gestión y operación del sistema estará a cargo de MOVITAB, supervisada por la Secretaría de Movilidad de Tabasco, como autoridad de transporte.

Al brindar una solución intermodal a la ciudadanía, los usuarios podrán combinar distintos modos de transporte en un solo trayecto de forma eficiente, garantizando el uso por personas con movilidad reducida a través de accesibilidad universal. Esta intermodalidad además incluirá la integración tarifaria, la cual permitirá un ahorro para quienes solucionan su necesidad de viaje a través de 2 o más vehículos.

En cuanto a sostenibilidad ambiental, el sistema evitará emisiones contaminantes mediante el uso de buses eléctricos, una la eficiencia operacional, con rutas optimizadas, frecuencias adecuadas, brindando una cobertura geográfica de [-] del territorio.

6.2.1 Descripción del sistema

El sistema integrado de transporte público contempla una red de 115.5 Km en recorridos de ida y vuelta, 285 puntos de parada, de los cuales 108 son existentes y 177 son propuestas, servida inicialmente por 7 rutas, incluyendo una ruta fluvial y 7 embarcaderos, dando acceso directo a 162,151 residentes de Villahermosa. La siguiente gráfica muestra la red de rutas y paradas del sistema.

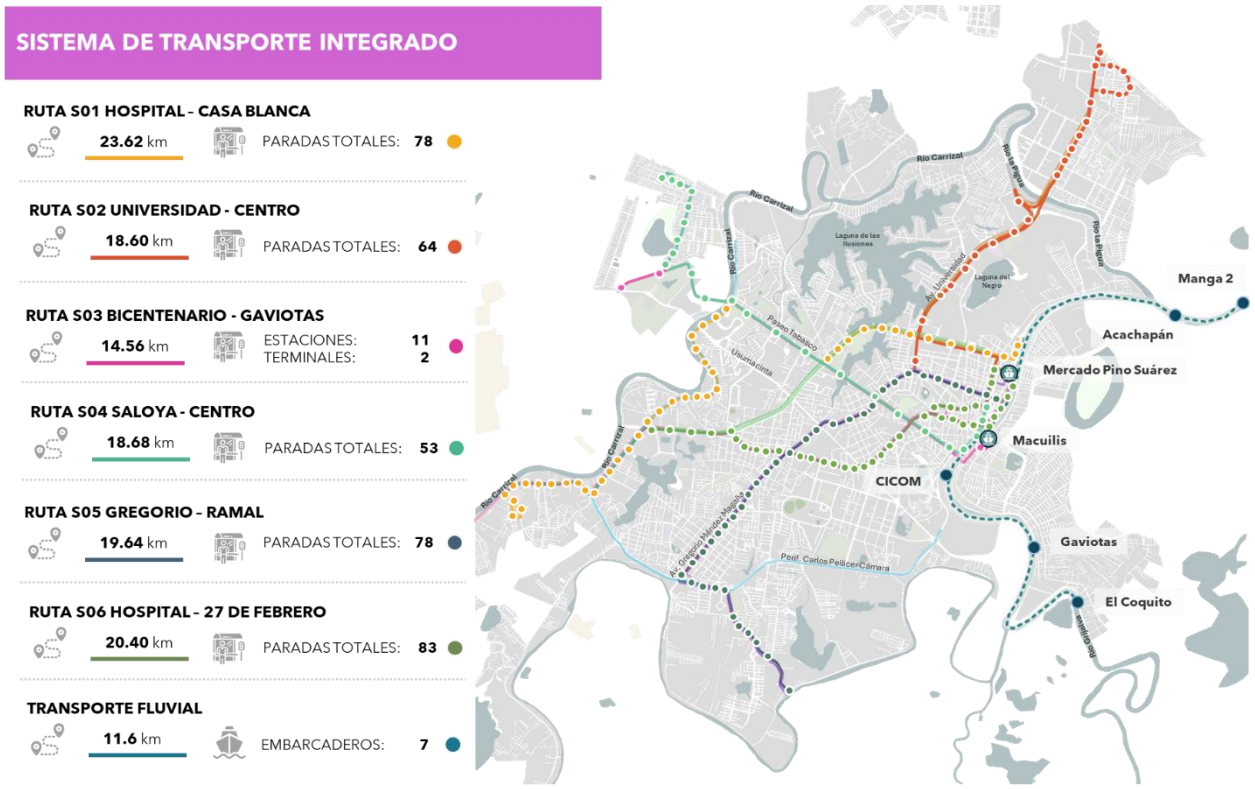


Figura 60. Sistema de transporte integrado

Ruta	Longitud (km ida y vuelta)	Paradas o embarcaderos	Cobertura 5 min de caminata (pob)
S01 Hospital – Casa Blanca	23.62 km	78	133,333
S02 Universidad – Centro	18.60 km	64	49,624
S03 Bicentenario - Gaviotas	14.56 km	13	24,870
S04 Saloya – Centro	18.68 km	53	25,425
S05 Gregorio – Ramal	19.64 km	78	62,286
S06 Hospital – 27 de febrero	20.40 km	83	57,866
Transporte fluvial	11.6 km	7	13,554

Tabla 25. Información del sistema de transporte integrado por ruta

A continuación, se describen las rutas del cada modo, iniciando por los servicios de autobuses.

6.2.2 Descripción de la oferta

Para la ubicación de las paradas del sistema de transporte integrado fueron definidas considerando una distancia entre ellas de 250m, además de la densidad de población, centros de trabajo, equipamientos relevantes y por último, la ubicación de paradas de transporte público existente que ya fueron analizadas en el apartado **4.3 Sistema de transporte – MOVITAB**.

En cuanto a la distancia entre paradas, cabe mencionar que fue establecida considerando las condiciones climatológicas de Villahermosa y con el propósito de brindar comodidad, seguridad y accesibilidad a los usuarios, sin embargo, en algunos casos la distancia supera los 250m ya que no se identificaron equipamientos importantes, centros de trabajo o zonas altamente densificadas que puedan atraer viajes.

Una vez identificados la ubicación de los puntos de parada estas fueron clasificadas en tres tipo, descritas a continuación:

- **Tipo 1 – Estructura de concreto:** Son estructuras que buscan la integración con el entorno urbano, con infraestructura que brinde seguridad y comodidad con bancas visibles, señalización y techos adecuados que resguarden lo suficientemente, ubicadas en puntos estratégicos como lo son instituciones educativas, hospitales y parques, lo que facilitará a dar acceso a servicios clave. Estas paradas ya fueron identificadas en el análisis de las rutas existentes, sin embargo, se considera que son estructuras que necesitan mantenimiento.

- **Tipo 2 – Parada con refugio:** Son un tipo de infraestructura diseñada para ofrecer mayor comodidad, seguridad y protección a los usuarios del transporte público mientras esperan. Están ubicadas principalmente en zonas con actividad comercial, educativa o social.

- **Tipo 3 – Poste con señal:** Es una estructura que indica la ubicación oficial de una parada de transporte público, su diseño es básico y no ofrece refugio ni asientos, por lo que no protege a los usuarios del clima ni brinda comodidad durante la espera. Es adecuada para zonas con bajo flujo de pasajeros o como paradas provisionales, sin embargo, debe de colocarse en puntos estratégicos para asegurar su visibilidad y acceso.

6.2.2.1 *Ruta S01 Hospital – Casa Blanca*

La Ruta S01 Hospital – Casa Blanca tiene una longitud aproximada de **23.62 km** y cuenta con un total de **78 paradas**, de las cuales 16 ya existen y 62 son propuestas. Estas paradas están distribuidas a una distancia promedio de 250 metros entre sí, lo que permite una amplia cobertura. Esta es la ruta con mayor alcance en términos de población, beneficiando a aproximadamente **133,333 habitantes** dentro de un radio de 5 minutos en caminata. El tiempo estimado de recorrido es de **71 minutos**, consolidándose como una opción estratégica para mejorar la conectividad urbana en Villahermosa.

Esta ruta conecta zonas del sur poniente de la ciudad con el norte, recorriendo zonas densamente pobladas y de alta actividad económica, educativa y de servicios. Es una ruta clave para favorecer la integración urbana a través del transporte público, ofreciendo accesibilidad a diversos equipamientos urbanos, como:



Durante su recorrido atraviesa y conecta con importantes avenidas y zonas urbanas, incluyendo:

- Boulevard Adolfo Ruiz Cortines
- Periférico Carlos Pellicer Cámara
- Paseo Tabasco
- Col. Gaviotas, Casa Blanca y zonas aledañas al río Grijalva

La ruta S01 que conecta con cuatro rutas clave del sistema de transporte público (S02, S03, S04 y S06), que operan sobre ejes viales importantes como Paseo Tabasco, Periférico Carlos Pellicer Cámara, Carretera Villahermosa–La Isla y Boulevard Adolfo Ruiz Cortines. Esta conexión fortalece la intermodalidad, al permitir transbordos ágiles entre diferentes rutas y medios de transporte, mejorando la cobertura del sistema, reduciendo tiempos de traslado y facilitando el acceso a diversas zonas de la ciudad de manera eficiente.

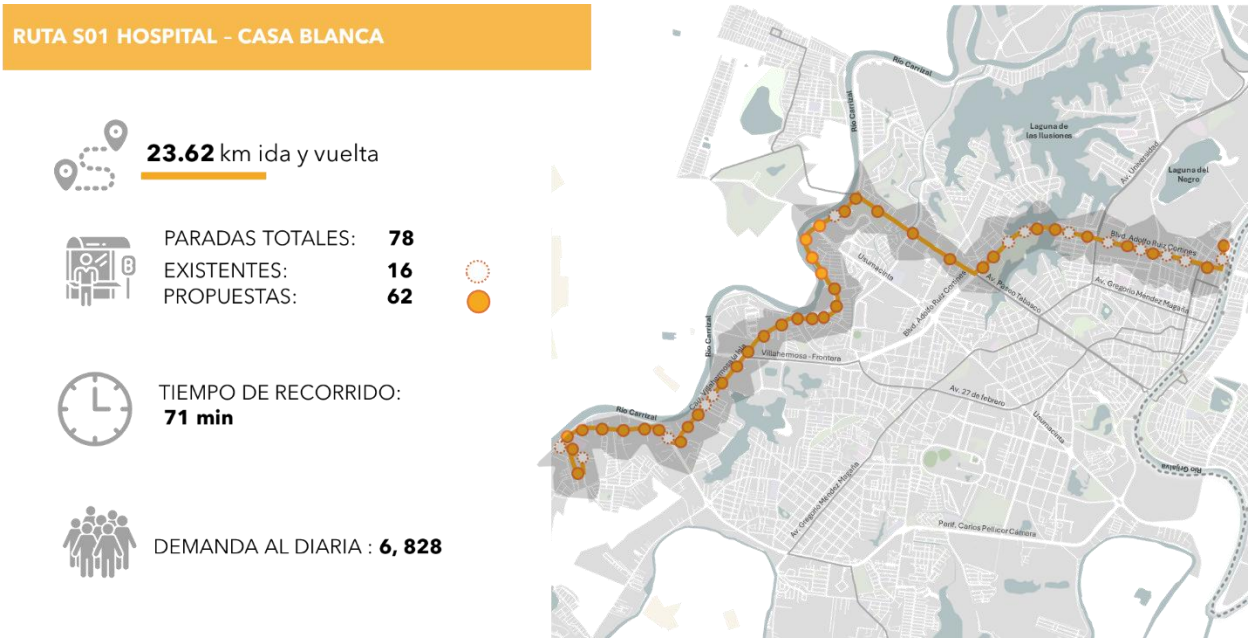


Figura 61. Nueva ruta de transporte MOVITAB – S01

6.2.2.2 *Ruta S02 Universidad – Centro*

La Ruta S02 Universidad – Centro recorre aproximadamente **18.60 km** y contempla un total de **64 paradas**, de las cuales 31 ya existen y 33 son propuestas. Estas paradas están distribuidas a una distancia promedio de 250 a 300 metros entre sí, beneficiando a aproximadamente **49,624 habitantes** dentro de un radio de 5 minutos en camino. Con un tiempo estimado de recorrido de **60 minutos**, esta ruta busca mejorar la movilidad entre el sur poniente y el norte de Villahermosa, facilitando el acceso a importantes zonas urbanas, educativas y administrativas de la ciudad.

Esta ruta juega un papel clave en la conexión de la zona universitaria y sus alrededores con el centro histórico y comercial, permitiendo a estudiantes, trabajadores y residentes desplazarse eficientemente entre estas áreas de alta actividad cotidiana.

Durante su recorrido la Ruta S02 conecta con equipamientos urbanos estratégicos como:



Entre los corredores viales más importantes que recorre esta ruta destacan:

- Bulevar Adolfo Ruiz Cortines
- Av. Gregorio Méndez Magaña
- Zona centro de Villahermosa

Gracias a su cobertura y articulación con zonas de alta densidad y equipamiento, la Ruta S02 Universidad – Centro representa una alternativa eficiente y funcional dentro del sistema de transporte urbano de Villahermosa, orientada a fortalecer la accesibilidad y conectividad.

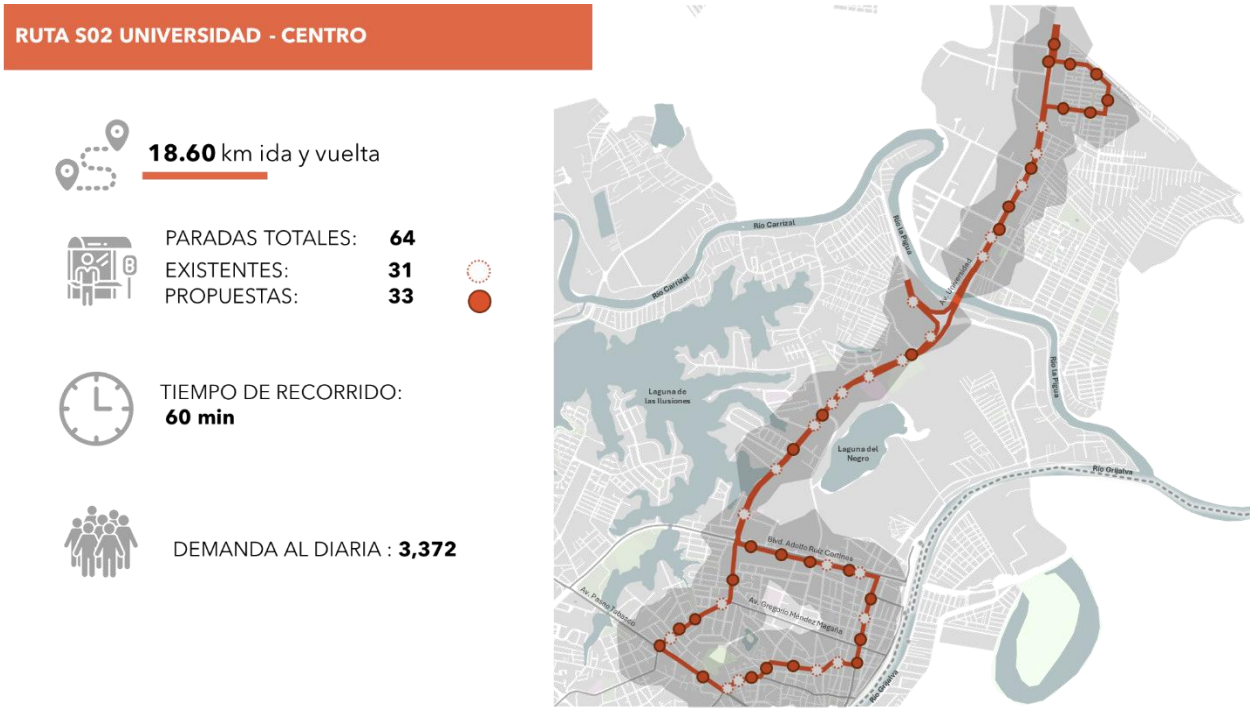


Figura 62. Nueva ruta de transporte MOVITAB – S02

6.2.2.3 *Ruta S03 Bicentenario – Gaviotas*

La Ruta S03 Bicentenario – Gaviotas recorre aproximadamente **14.56 km** e integra un total de **13 estaciones**, de las cuales 2 son terminales y 11 corresponden a estaciones intermedias. Estas estaciones están distribuidas a una distancia promedio de 500 metros entre sí, beneficiando a aproximadamente **24,870 habitantes** dentro de un radio de 5 minutos en camino. Con un tiempo estimado de recorrido de **36 minutos**, esta ruta busca optimizar la movilidad entre el oriente y el poniente de Villahermosa, conectando zonas residenciales con áreas comerciales, recreativas y de servicios.

Durante su recorrido la Ruta S03 conecta con diferentes equipamientos urbanos, como:

CONEXIÓN CON EQUIPAMIENTOS:

HOSPITALES	• Hospital AIR	
ESCUELAS	• Universidad Villahermosa	
RELIGIOSO	• Catedral del Señor de Tabasco	
RECREATIVOS	• Parque Solidaridad • Muelle Macuilis • Parque Estrella • Parque de los Abuelos Manuel Mestre • Parque de Los Guacamayos • Foro Laguna	• Parque Tomás Garrido Canabal • Parque infantil De los sueños y Deseos • Planetario Tabasco 2000 • Club Campestre Villahermosa • Parque La Choca
GOBIERNO	• Junta Federal de Conciliación y Arbitraje • PROFEDET • INEGI • CONAGUA	• SAT Servicio de Administración Tributaria • H. Ayuntamiento de Centro de Villahermosa, Tabasco • Secretaría de Turismo y Desarrollo Económico del Estado de Tabasco • Centro Administrativo de Gobierno

La Ruta S03 Bicentenario – Gaviotas se considera como una alternativa eficiente para mejorar la conectividad urbana y ampliar el acceso al transporte público en Villahermosa y su trazado ayuda a la intermodalidad del sistema al establecer conexiones directas con otras rutas terrestres y con la red de transporte fluvial.

Uno de sus puntos clave es el embarcadero “Macuilis”, que actúa como nodo de integración entre el transporte terrestre y fluvial. Esto favorece la accesibilidad a la zona, al mismo tiempo que ofrece una opción de movilidad sustentable mediante el uso del sistema fluvial. La conexión entre distintos modos de transporte permite realizar transbordos ágiles y eficientes.

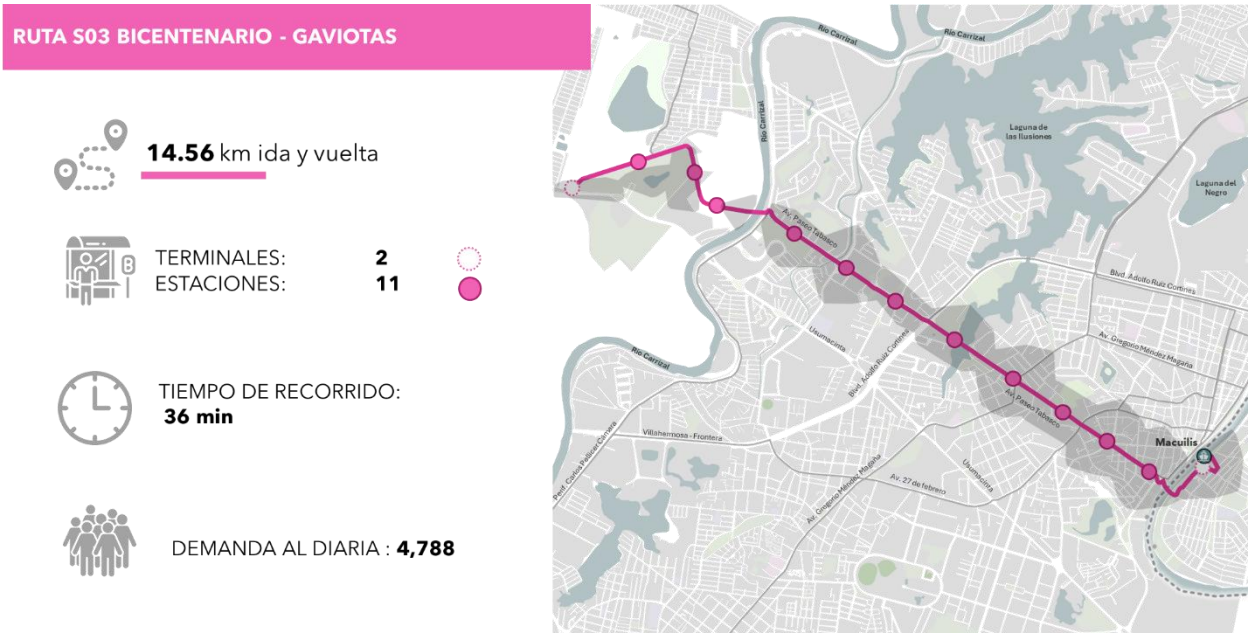


Figura 63. Nueva ruta de transporte MOVITAB – S03

6.2.2.4 *Ruta S04 Saloya – Centro*

La Ruta S04 Saloya – Centro recorre aproximadamente **18.68 km** y contempla un total de **53 paradas**, de las cuales 2 ya existen y 51 son propuestas. Estas paradas están distribuidas a una distancia promedio de 250 a 300 metros entre sí, beneficiando a aproximadamente **25,425 habitantes** dentro de un radio de 5 minutos en camino. Con un tiempo estimado de recorrido de **55 minutos**, esta ruta busca mejorar la conectividad entre la zona de Saloya y el centro de Villahermosa, integrando zonas residenciales con corredores comerciales, culturales y administrativos de la ciudad.

Durante su recorrido la Ruta S04 conecta con diferentes equipamientos urbanos estratégicos, tales como:

CONEXIÓN CON EQUIPAMIENTOS:

HOSPITALES	• Hospital AIR	
COMERCIO	• Mercado Público José María Pino Suárez	
RELIGIOSO	• Catedral del Señor de Tabasco	
RECREATIVOS	• Parque Solidaridad • Muelle Macuilis • Parque Estrella • Parque de los Abuelos Manuel Mestre • Parque de Los Guacamayos • Foro Laguna • Centro Cultural Villahermosa	• Parque Tomás Garrido Canabal • Parque infantil De los sueños y Deseos • Planetario Tabasco 2000 • Club Campestre Villahermosa • Parque La Choca • Malecón Villahermosa
GOBIERNO	• Junta Federal de Conciliación y Arbitraje • PROFEDET • INEGI • CONAGUA	• SAT Servicio de Administración Tributaria • H. Ayuntamiento de Centro de Villahermosa, Tabasco • Secretaría de Turismo y Desarrollo Económico del Estado de Tabasco • Centro Administrativo de Gobierno

El recorrido tiene como embarcadero el Mercado Pino Suárez, uno de los nodos comerciales más importantes de la ciudad, lo que permite fortalecer la movilidad de trabajadores, comerciantes y residentes hacia este punto estratégico.

Gracias a su extensión y cobertura, la Ruta S04 Saloya – Centro representa una alternativa de transporte eficiente y estratégica, orientada a mejorar la accesibilidad y a facilitar la integración del sistema de transporte urbano de Villahermosa.

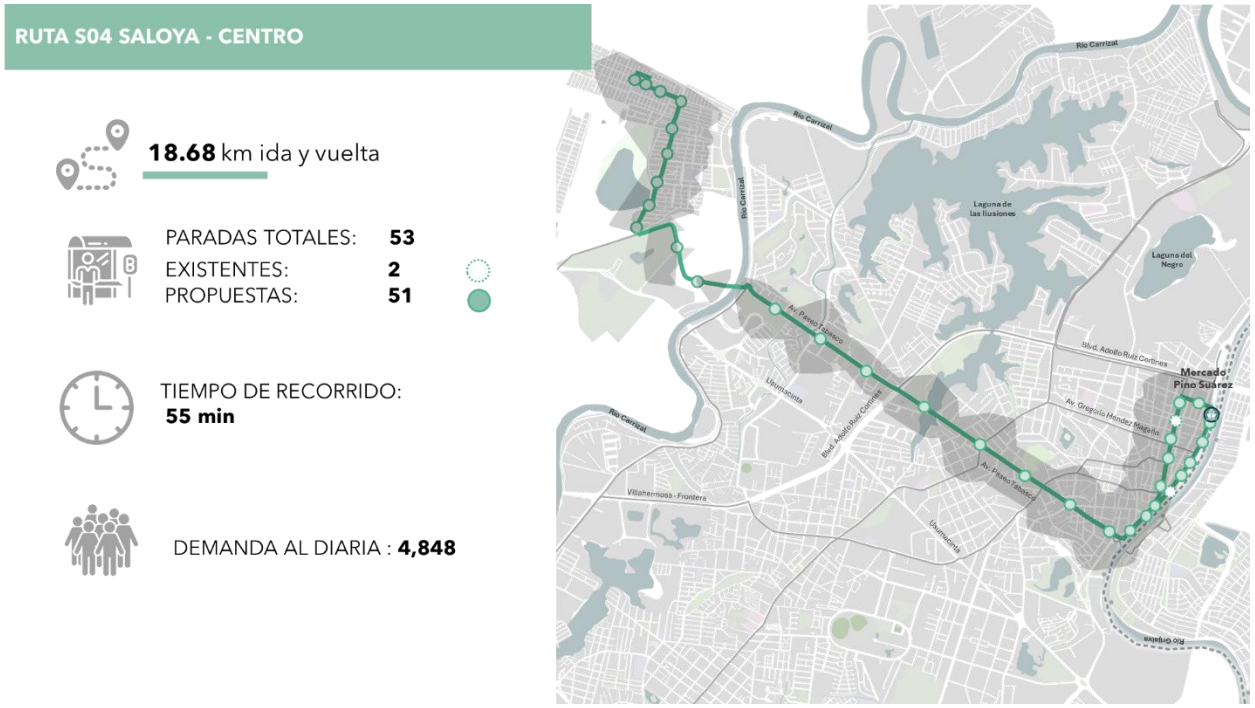


Figura 64. Nueva ruta de transporte MOVITAB – S04

6.2.2.5 *Ruta S05 Gregorio – Ramal*

La Ruta S05 Gregorio – Ramal recorre aproximadamente **19.64 km** e incluye un total de **78 paradas**, de las cuales 43 ya existen y 35 son propuestas. Estas paradas están distribuidas a una distancia promedio

de 250 a 300 metros entre sí, beneficiando a aproximadamente **62,286 habitantes** dentro de un radio de 5 minutos en camino. Con un tiempo estimado de recorrido de **63 minutos**, esta ruta permitirá reforzar la conectividad entre la zona sur poniente y el Mercado Pino Suárez, uno de los principales centros de actividad económica y comercial de Villahermosa.

Durante su recorrido la Ruta S05 conecta con diferentes equipamientos urbanos de relevancia, entre ellos:

CONEXIÓN CON EQUIPAMIENTOS:

HOSPITALES
- Hospital Regional de Alta Especialidad de la Mujer
- Hospital del Niño Dr. Rodolfo Nieto Padrón
- Centro Médico ISSET "Dr. Juan Puig Palacios"

ESCUELAS
- Universidad Juárez Autónoma de Tabasco
- Edificio de la SETAB-CEBA

COMERCIO
- Mercado Público Gral. Miguel Orrico de los Llano
- Plaza Tamulté
- Plaza Comercial Morett
- Mercado Público José María Pino Suárez

GOBIERNO
- INE
- CFE
- Panteón de Atasta
- Poder Judicial de la Federación
- Juzgados Civiles y Familiares de Primera Instancia
- Tribunal Superior de Justicia

RECREATIVOS
- Parque de Atasta
- Monumento a Coronel Gregorio Mendez
- Centro Recreativo de Atasta
- Biblioteca Gregorio Méndez Magaña
- Parque de Los Guacamayos
- Parque Cuautémoc
- Dirección General de Prevención y Reinserción Social
- Secretaría de Gobierno
- Parque de la Paz

Esta ruta cumple una función esencial dentro del sistema de transporte público integrado al facilitar la conectividad intermodal con otras rutas y medios de transporte. A lo largo de su recorrido, la S05 establece puntos de transbordo directo con las rutas S04 y S06, lo que permite a los usuarios ampliar sus trayectos mediante conexiones eficientes hacia el oriente, poniente y centro de la ciudad.

Una de sus fortalezas es su conexión con el embarcadero Mercado Pino Suárez, ubicado en el extremo noreste del trayecto, lo cual permite integrar el sistema de transporte fluvial con el terrestre..



Figura 65. Nueva ruta de transporte MOVITAB – S05

6.2.2.6 *Ruta S06 Hospital – 27 de febrero*

La Ruta S06 Hospital – 27 de febrero recorre aproximadamente **20.40 km** e integra un total de **83 paradas**, de las cuales 36 ya existen y 47 son propuestas. Estas paradas están distribuidas a una distancia promedio de 250 a 300 metros entre sí, beneficiando a aproximadamente **57,866 habitantes** dentro de un radio de 5 minutos en camino. Con un tiempo estimado de recorrido de **90 minutos**, esta ruta busca fortalecer la movilidad entre el poniente y el centro de Villahermosa, mejorando la accesibilidad de zonas residenciales, hospitalarias, administrativas, así como con el Mercado Pino Suárez.

Durante su recorrido la Ruta S06 conecta con equipamientos urbanos de gran relevancia como:

CONEXIÓN CON EQUIPAMIENTOS:

HOSPITALES	• Hospital Regional Dr. Juan Graham Casasús • I.S.S.E.T. Instituto de Seguridad Social del Estado de Tabasco	**GOBIERNO**	• SEDENA • Secretaría del Trabajo
RELIGIOSO	• Catedral del Señor de Tabasco		
COMERCIO	• Plaza Terranova • Centro Comercial Europlaza • Plaza la Fuente • Mercado Público José María Pino Suárez	**ESCUELAS**	• Esc. Sec. Fed. Ignacio Manuel Altamirano • Casa Universitaria Cacao y Chocolate • Escuela Sec. Est. Ing. Rafael Concha Linares • Esc. Prim. Urb Fed. Carlos Rovirosa Perez • Universidad Juárez Autónoma de Tabasco
RECREATIVOS	• Parque La Ceiba • Parque Angel M. Martínez • Parque José Gorostiza • Parque Estrella • Parque Miguel Hidalgo y Costilla • Plazuela del Águila • Plaza de los músicos • Plaza Bicentenario • Malecón Villahermosa • Parque la Paz • Parque Juárez • Parque Los Pajaritos		

Gracias a su amplia longitud, número de paradas y conexión con equipamientos clave, la Ruta S06 Hospital – 27 de febrero representa una de las propuestas más importantes del sistema de transporte, generando conectividad eficiente hacia puntos estratégicos dedicados al comercial y administración en Villahermosa.

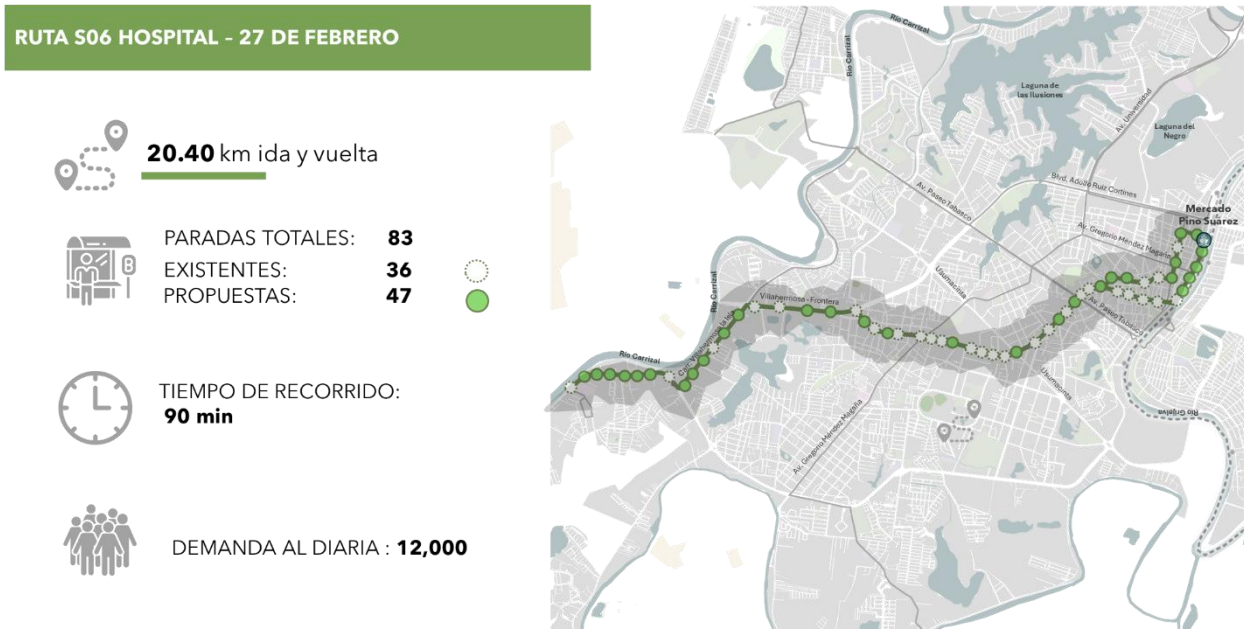


Figura 66. Nueva ruta de transporte MOVITAB – S06

6.3 Transporte fluvial

Dentro del sistema de transporte público integrado, la ruta de transporte fluvial representa un componente estratégico que fortalece la conectividad entre el norte y el sur de la ciudad. Esta ruta inicia su recorrido en el embarcadero "El Coquito", ubicado en el sector sur, y se extiende hasta el embarcadero "Manga 2", en el sector norte, cubriendo una distancia aproximada de 11.6 km. En total, la ruta contempla siete embarcaderos y un tiempo estimado de recorrido de 150 minutos para el trayecto de ida y vuelta, el cuál fue calculado considerando un tiempo de parada de 3.5 minutos en cada embarcadero, que incluye las maniobras de atraque, el embarque y desembarque de pasajeros, así como las maniobras de salida. La velocidad promedio de navegación entre estaciones es de 13 km/h.

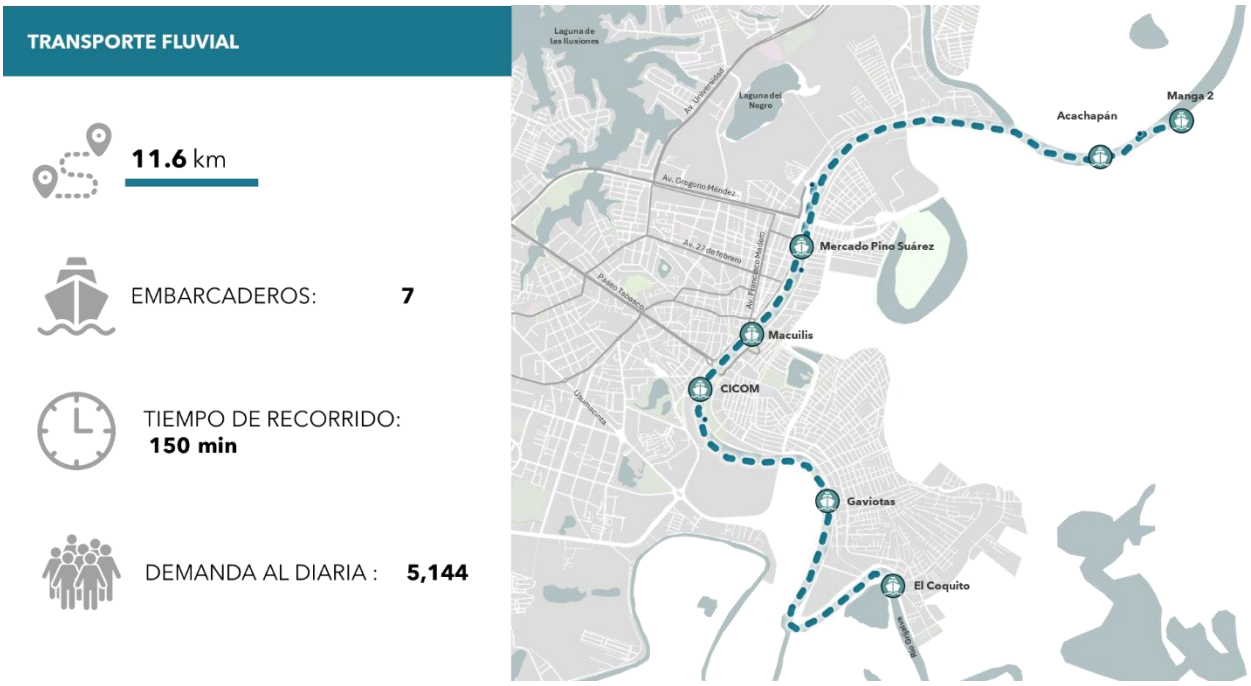


Figura 67. Transporte Fluvial

La ruta fluvial se integra eficazmente con el transporte público terrestre, reforzando la intermodalidad que se busca dentro del sistema de transporte integrado. En el caso del embarcadero "Maculis", punto intermodal que conectará con la ruta S03 Bicentenario – Gaviotas. Esta interconexión permite a los usuarios realizar transbordos, reduciendo los tiempos de espera y facilitando los desplazamientos a lo largo de la ciudad.

Por otro lado, el embarcadero "Mercado Pino Suárez" ubicado en una zona con alta demanda de transporte, lo que permite extender la cobertura del sistema de transporte, que conecta con la ruta S04 Salaya – Centro, S05 Gregorio – Ramal y S06 Hospital – 27 de febrero. Así, la ruta fluvial no solo actúa como un medio de transporte alternativo y sustentable, sino que también permite una conexión con otros modos de transporte, ampliando la cobertura, mejorando la accesibilidad y promoviendo un modelo de movilidad urbana más eficiente, equitativo y sustentable, además de ofrecer una alternativa para el desplazamiento diario de los usuarios.

6.4 Análisis Regional Villahermosa (Modelo Macro)

La estimación del impacto del Sistema de Transporte Integrado en el sistema de movilidad de Villahermosa se realiza a partir del modelo de demanda de transporte generado y calibrado para la situación en año base.

6.4.1 Evaluación de escenario

La evaluación de escenarios se lleva a cabo mediante el uso de la herramienta *Gestor de escenarios* de la herramienta PTV Visum. El gestor de escenarios permite crear una serie de modificaciones a la red vial y de transporte público, así como modificaciones a su operación. Una vez creadas las modificaciones se combinan para generar un escenario.

Para la evaluación del SIT se generaron diversas modificaciones tanto para el sistema de transporte público como el privado. Las modificaciones consideradas se resumen a continuación.

- Puente vehicular en el extremo occidental de Av. Paseo Tabasco conectando con Distrito Poniente.
- Dos pasos a desnivel “Deprimidos”.
- Inclusión de las rutas S01-04 de la propuesta del SIT y ajuste de las rutas actuales de MOVITAB.
- Restructuración de rutas actuales de acuerdo con el escenario 25W del modelo TRANUS.
- Propuestas de integración tarifaria
    - a. Tarifa plana $11 en SIT.
    - b. Tarifa plana $9 en SIT.
    - c. Tarifa $11 en SIT y transbordo de $4.
    - d. Tarifa plana $11 en bus y transbordo de $4 con fluvial. Fluvial con tarifa de $4 + 0.5$ por kilómetro.
- Intervalos en el SIT terrestre de 3 y 6 minutos.
- El sistema fluvial considera intervalos de 10 minutos.

En la siguiente figura, se ilustra ejemplifica el proceso de generación de modificaciones y su combinación la generación de escenarios.

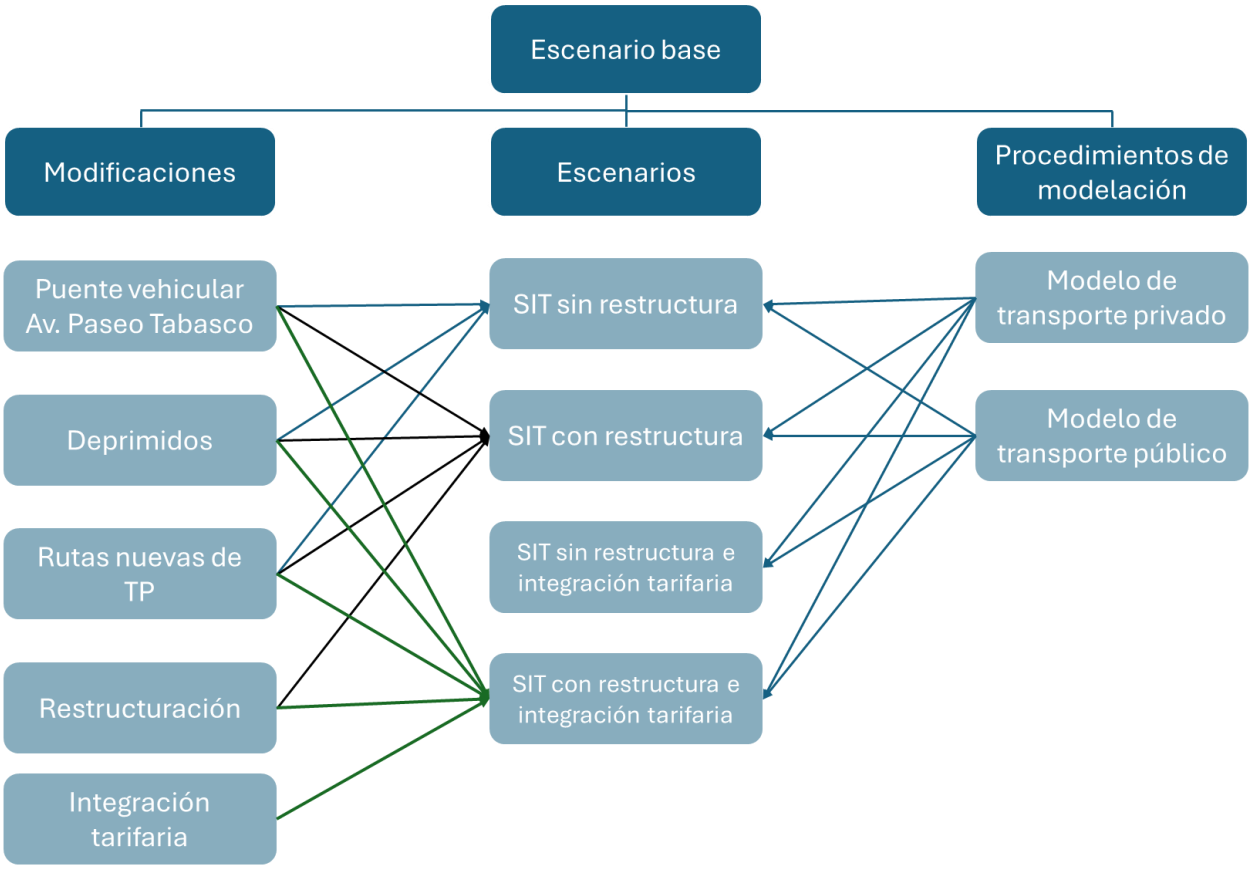


Figura 68. Esquemático del gestor de escenarios en VISUM

6.4.2 Definición de escenarios

La evaluación del Sistema Integrado de Transporte tiene por finalidad conocer el impacto de dicho sistema bajo una variedad de supuestos a fin de contar con la mayor información posible para la toma de decisión. Atendiendo lo anterior se generaron seis escenarios a partir de la combinación de las modificaciones descritas en el apartado anterior.

Los escenarios por evaluar comparten las modificaciones a la red vial y la inclusión del sistema integrado, siendo el esquema tarifario, los intervalos y la restructuración de rutas las modificaciones a variar entre escenarios.

1. Tarifa plana $ 11 (a)
2. Tarifa plana $ 9 (b)
3. Tarifa plana $11 (a) + reestructuración
4. Tarifa plana $9 (b) + reestructuración
5. Tarifa 11 bus/fluvial + integración con $4 de transbordo entre todo (c)
6. Tarifa 11 bus + integración de $4 transbordo entre bus-fluvial (d)

6.4.3 Restructuración de rutas

La restructuración de rutas se basa en la operación de la red de transporte público identificada en el escenario 25W del modelo TRANUS. La identificación se realizó comparando las rutas activas en el escenario base, 24ª, y las desactivadas en el 25W.

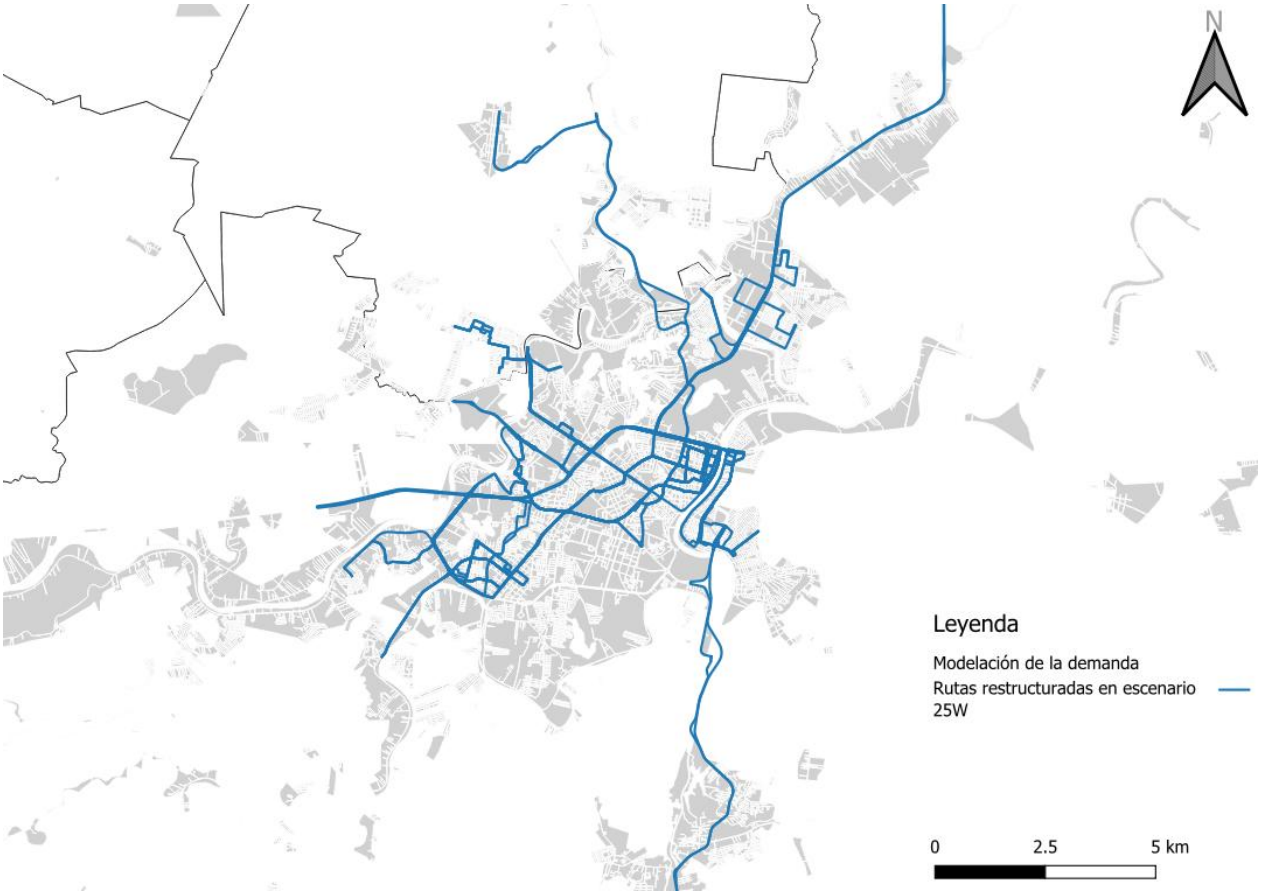


Figura 69. Mapa de las rutas reestructuradas identificadas en el escenario 25W

El listado de rutas eliminadas se enuncia a continuación:

- Anacleto Canaba
- Carrizal
- Central de Abastos - Tam
- El Carrizal
- Espejo I y II - 27 de Feb
- Espejo I y II - Ruiz Cor /Mercado Brizas del Carrizal
- Espejos
- Fracc. Carrizal - Centro
- Fracc. Carrizal - Mina -
- Fracc. Carrizal - Ruiz C / Mercado La Selva
- Fracc. Carrizal - Ruiz C /Mercado Bosque Solaya
- Fraccionamiento Cd. Bicentenario - Villahermosa por Gaviotas hasta Reclusorio / Mercado Recusorio Gaviotas
- Gaviotas Palacio Munici /Central Soriana Gaviotas

- Gaviotas Palacio Munici/Central de Abascos Gaviotas
- Gaviotas - Explanada - M /Mercado Gaviota
- Gaviotas - La Manga - Me /Palomares Gaviotas
- Guadalupe Borja
- GuadalupeBorja-Mendez-Ce
- Indeco - Arboledas - Mer /Mercado Lagunas
- Juan Graham
- Puente Pedrero - Tamulté
- Tamulté - FrigorÝfico -
- Tamulté - Méndez - Merca
- Villahermosa - Mercado José María Pino Suárez - Fraccionamiento POMOCA/Madero Lomitas
- VillaLasFlores-CentralCa /Mercado La Joya
- VillaLasFlores-Centro-Me/ Mercado Villa de las Flores

6.4.4 Resultados

6.4.4.1 *Escenario 1*

El escenario 1 incluye una propuesta de tarifa integrada plana de $11 para el SIT. Además, para evaluar el impacto de mantener la competencia actual de las rutas en la captación de la demanda del SIT no se incluye restructuración de ruta alguna.

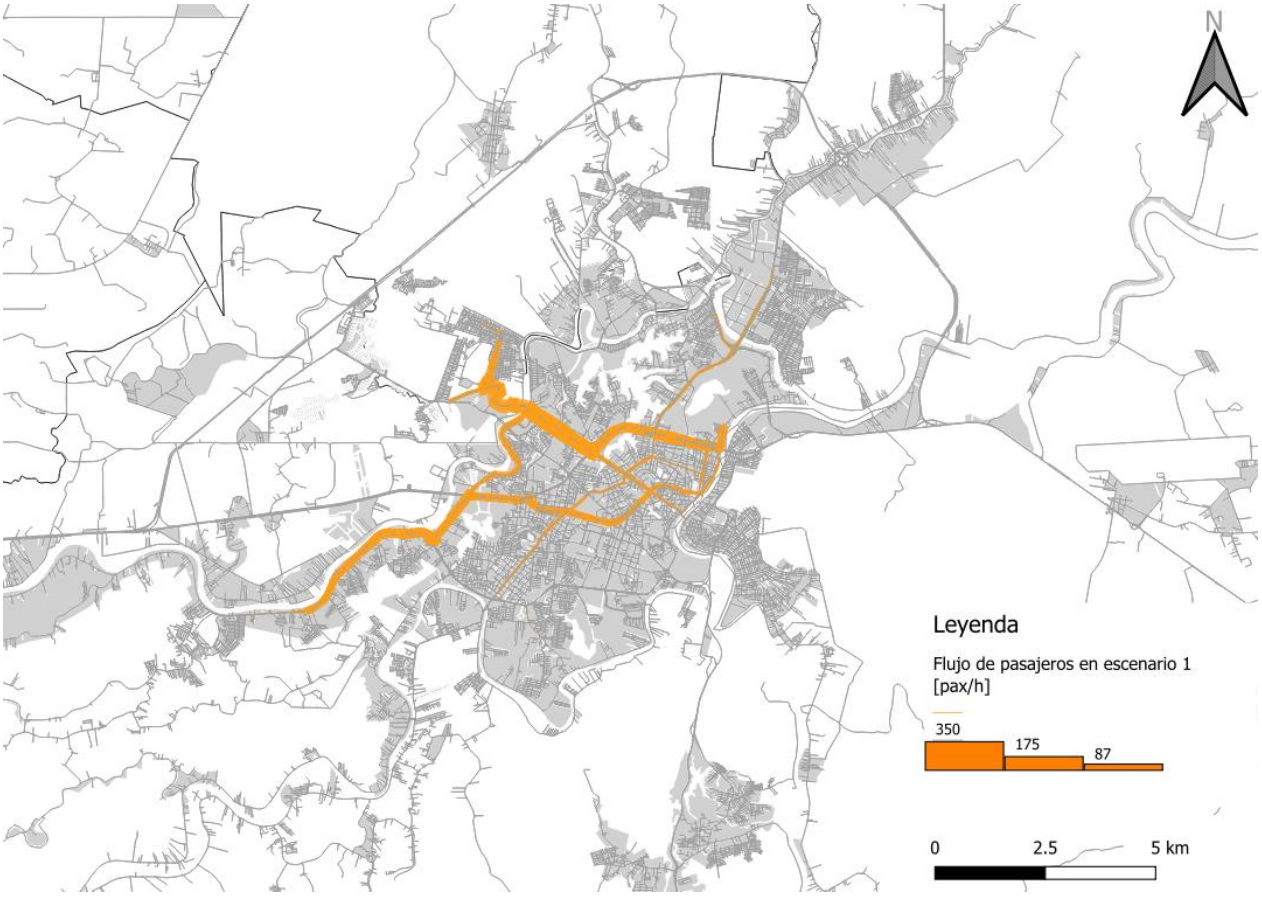


Figura 70. Flujo de pasajeros en el SIT – Escenario 1

En este escenario se alcanza una demanda de 3,700 pasajeros en la hora de máxima demanda lo que equivale a cerca de 44,400 pasajeros diarios considerando un intervalo de 3 minutos. En este escenario las rutas S05 y S06, las actualmente operadas por MOVITAB, presentan la mayor demanda con el 58% de la participación. De las nuevas rutas propuesta la S01 – Casablanca es de la cual se espera mayor captación con 6,500 pasajeros al día, las rutas S03 y S04 se esperan estén en el rango de 4,500 pasajeros al día.

Ruta	Tiempo de ciclo [min]	Longitud [km]	Intervalo [min]	Demanda [pax/h]	Carga máxima [pphd]
S01	71	24.2	3	544	312
S02	60	19.5	3	251	191
S03	36	14.9	3	370	300
S04	55	18.2	3	382	285
S05			6	1167	
S06			7	1000	
Fluvial			10	47	6

Tabla 26. Demanda de pasajeros en escenario 1 – Operación 3 minutos de intervalo

En el escenario que el intervalo mínimo sea 6 minutos se espera una reducción del 10% en la captación del sistema integrado.

Ruta	Tiempo de ciclo [min]	Longitud [km]	Intervalo [min]	Demanda	Carga máxima [pphd]
S01	71	24.195436	6	436	274
S02	60	19.475018	6	154	151
S03	36	14.853627	6	266	243
S04	55	18.172031	6	307	263
S05			6	1167	
S06			7	1000	
Fluvial			10	47	6

Tabla 27. Demanda de pasajeros en escenario 1 - Demanda de pasajeros en escenario 1 – Operación 6 minutos de intervalo

6.4.4.2 *Escenario 2*

El escenario dos presenta los mismos supuestos que el uno a excepción del monto de la tarifa, la cual se ve reducida a $9. En este escenario la demanda diaria se espera alcance cerca de los 46,500 pasajeros para los intervalos de 3 minutos y 41,500 en el caso de intervalos de 6 minutos. Esto indica que la reducción de $2 en la tarifa representa un aumento de demanda del 4 y 3% respectivamente.

Ruta	Tiempo de ciclo [min]	Longitud [km]	Intervalo [min]	Demanda	Carga máxima [pphd]
S01	71	24.195436	3	569	333
S02	60	19.475018	3	281	273
S03	36	14.853627	3	399	369
S04	55	18.172031	3	404	315
S05			6	1,167	
S06			7	1,000	
Fluvial			10	53	7
S01	71		6	569	325
S02	60		6	281	213
S03	36		6	399	323
S04	55		6	404	297
S05			6	1,167	
S06			7	1,000	
Fluvial			10	53	7

Tabla 28. Demanda de pasajeros en escenario 2

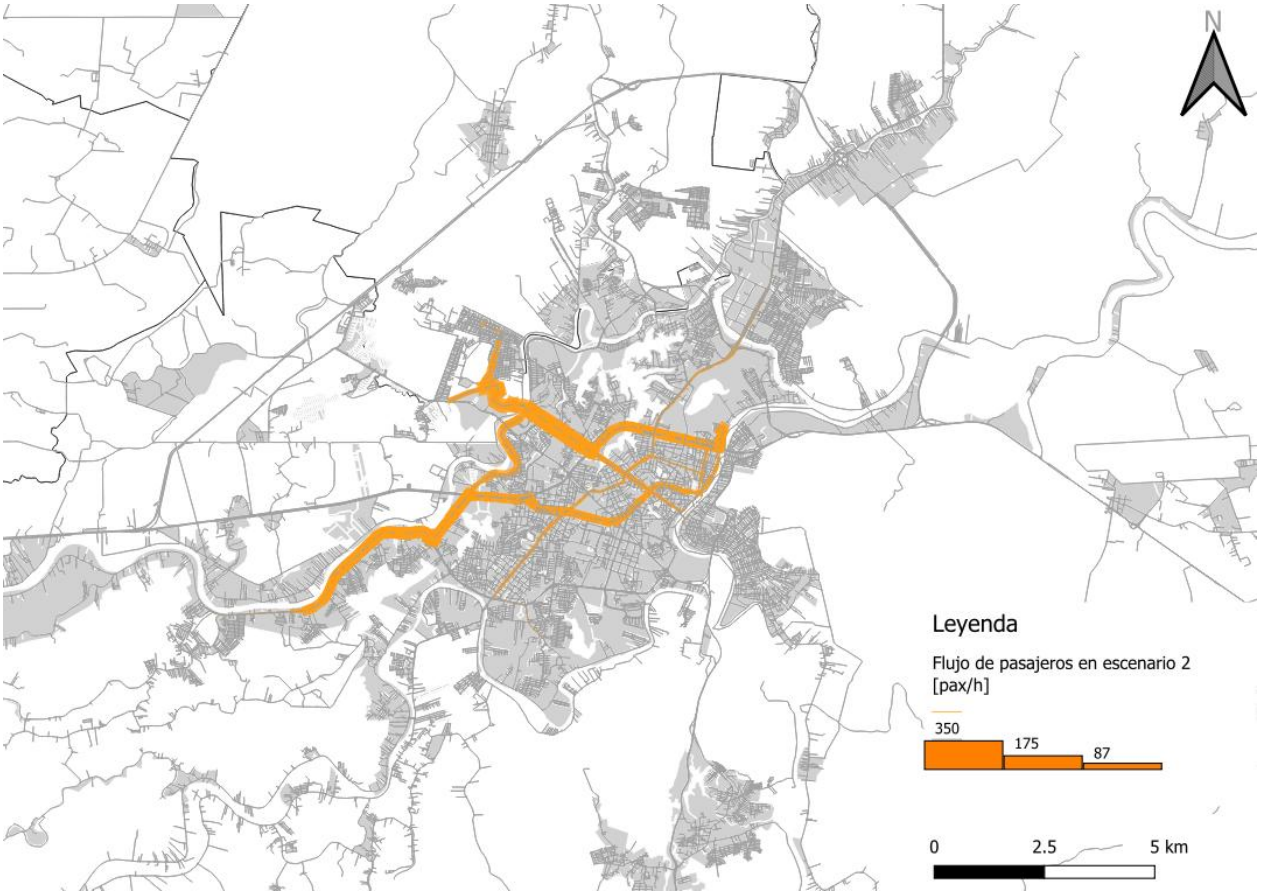


Figura 71. Flujo de pasajeros en el SIT – Escenario 2

6.4.4.3 *Escenario 3*

En el escenario 3 se evalúa el impacto de la reestructuración de rutas en la captación de demanda del SIT bajo el primero esquema tarifario, tarifa plana integrada de $11.

En este escenario se espera captar 49,000 y 44,000 pasajeros para intervalos de 3 min y 6 min respectivamente. Esta demanda representa un incremento del 10% con respecto al escenario sin reestructuración. Si bien se esperaría mayor demanda, la restructura no elimina por completo las rutas competidoras sobre los corredores por lo que la competencia continúa impactando al sistema.

Ruta	Tiempo de ciclo [min]	Longitud [km]	Intervalo [min]	Demanda	Carga máxima [pphd]
S01	71	24.2	3	616	356
S02	60	19.5	3	353	252
S03	36	14.9	3	429	345
S04	55	18.2	3	536	391
S05			6	1167	
S06			7	1000	
Fluvial			10	47	6
S01	71	24.2	6	456	400
S02	60	19.5	6	504	312

Ruta	Tiempo de ciclo [min]	Longitud [km]	Intervalo [min]	Demanda	Carga máxima [pphd]
S03	36	14.9	6	228	168
S04	55	18.2	6	307	249
S05			6	1167	365
S06			7	1000	
Fluvial			10	46	6

Tabla 29. Demanda de pasajeros en escenario 3

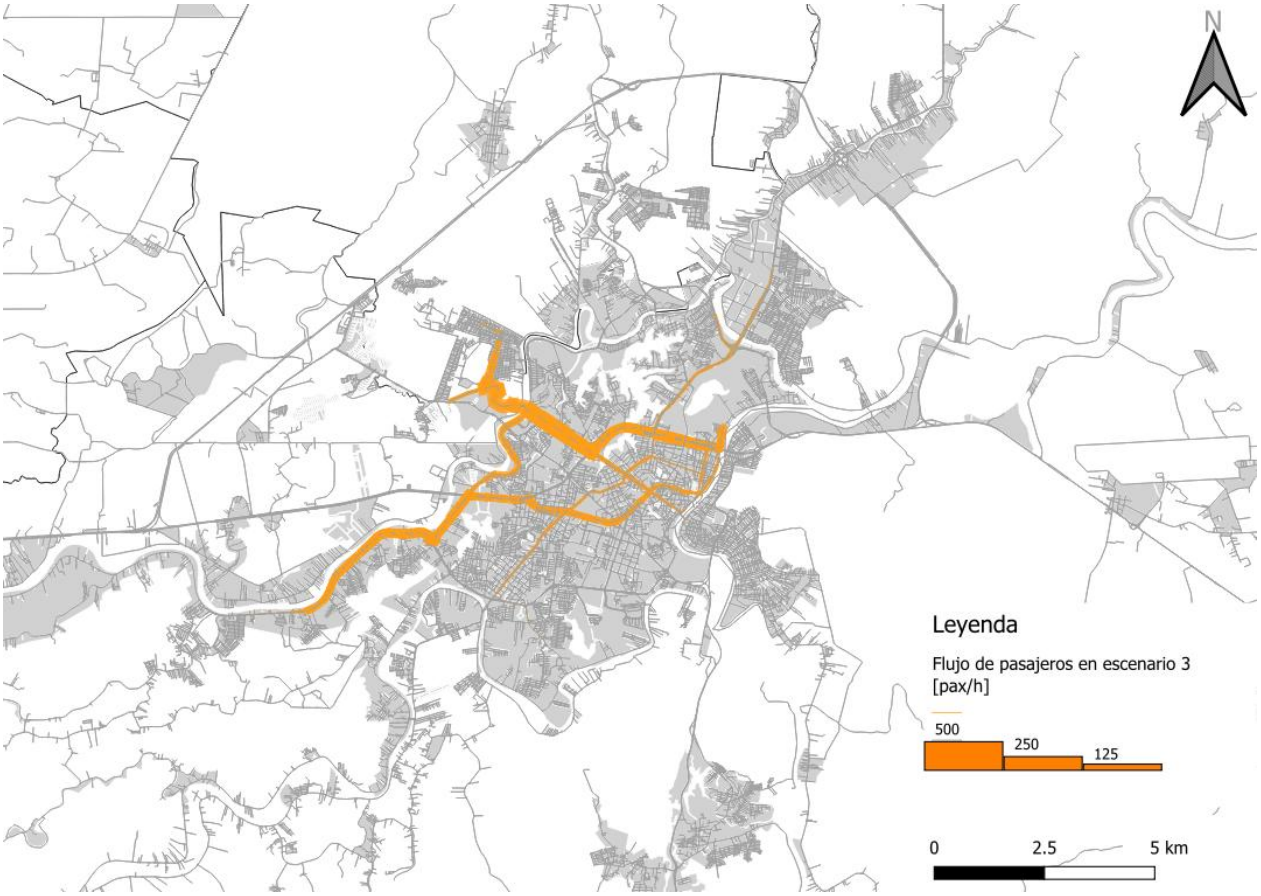


Figura 72. Flujo de pasajeros en el SIT – Escenario 3

6.4.4.4 *Escenario 4*

El escenario 4, por su parte, evalúa el impacto de la reestructuración bajo el esquema de tarifa integrada y reducida a $9. En este caso la demanda aumenta en 10% al igual que en el escenario 3. Este escenario alcanza los 50,600 pasajeros bajo una operación de 3 minutos y 48,800 pasajeros diarios con un intervalo de operación de 6 minutos.

Cabe destacar que el escenario 4 con operación de 6 minutos de intervalo evalúa la extensión de la ruta S02 hacia Tierra Colorada / José Maria Pino Suárez a fin de maximizar la captación de demanda que circula por el corredor Universidad.

Ruta	Tiempo de ciclo [min]	Longitud [km]	Demanda	Carga máxima [pphd]
S01	71	24.19	641	367
S02	60	19.47	392	281
S03	36	14.85	456	364
S04	55	18.17	565	398
S05			1,167	
S06			1,000	
Fluvial			53	7
S01	71	24.19	660	438
S02	60	19.47	417	339
S03	36	14.85	337	272
S04	55	18.17	485	370
Méndez			1,167	
Frigorífico			1,000	
Fluvial			53	7

Tabla 30. Demanda de pasajeros en escenario 4



Figura 73. Flujo de pasajeros en el SIT – Escenario 4

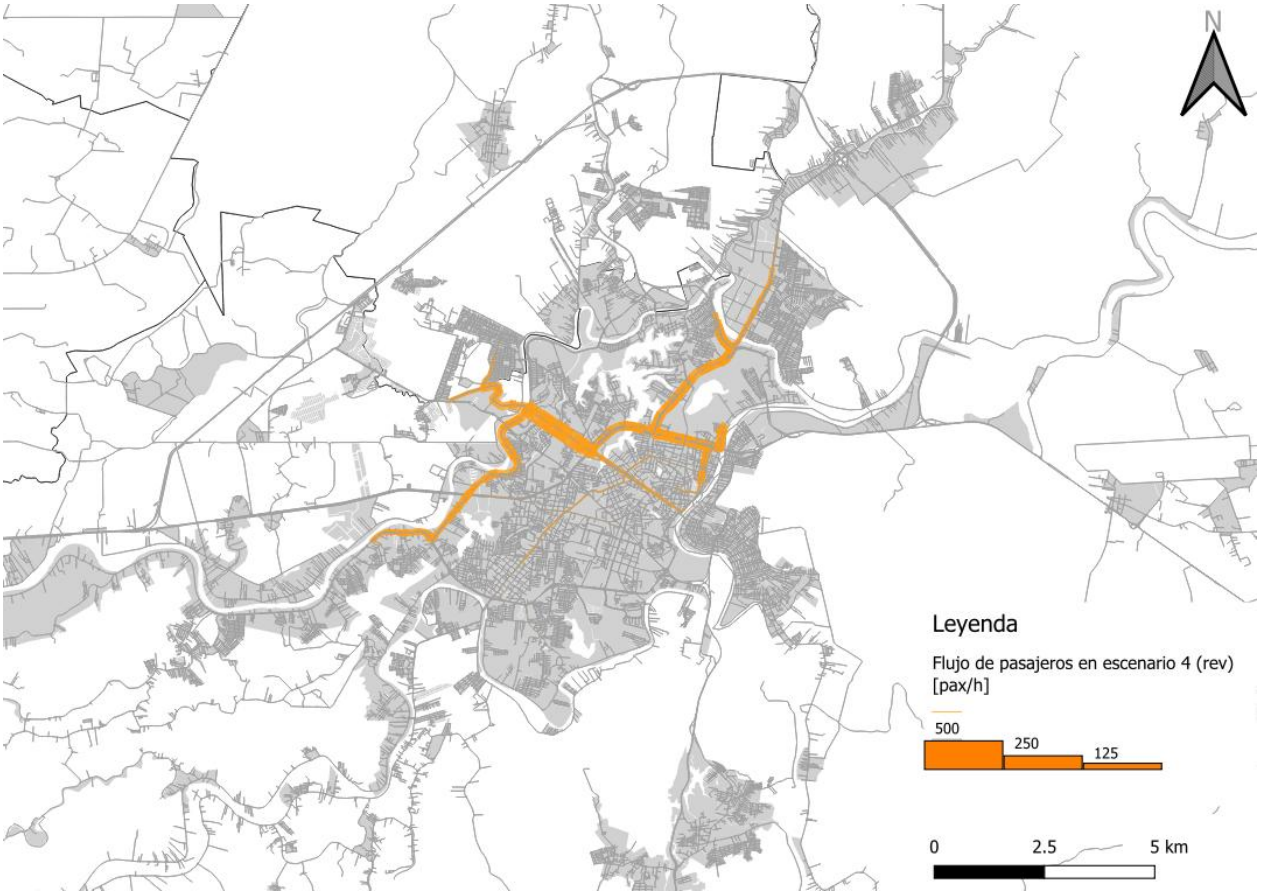


Figura 74. Flujo de pasajeros en el SIT. Escenario 4 con extensión de la ruta S02

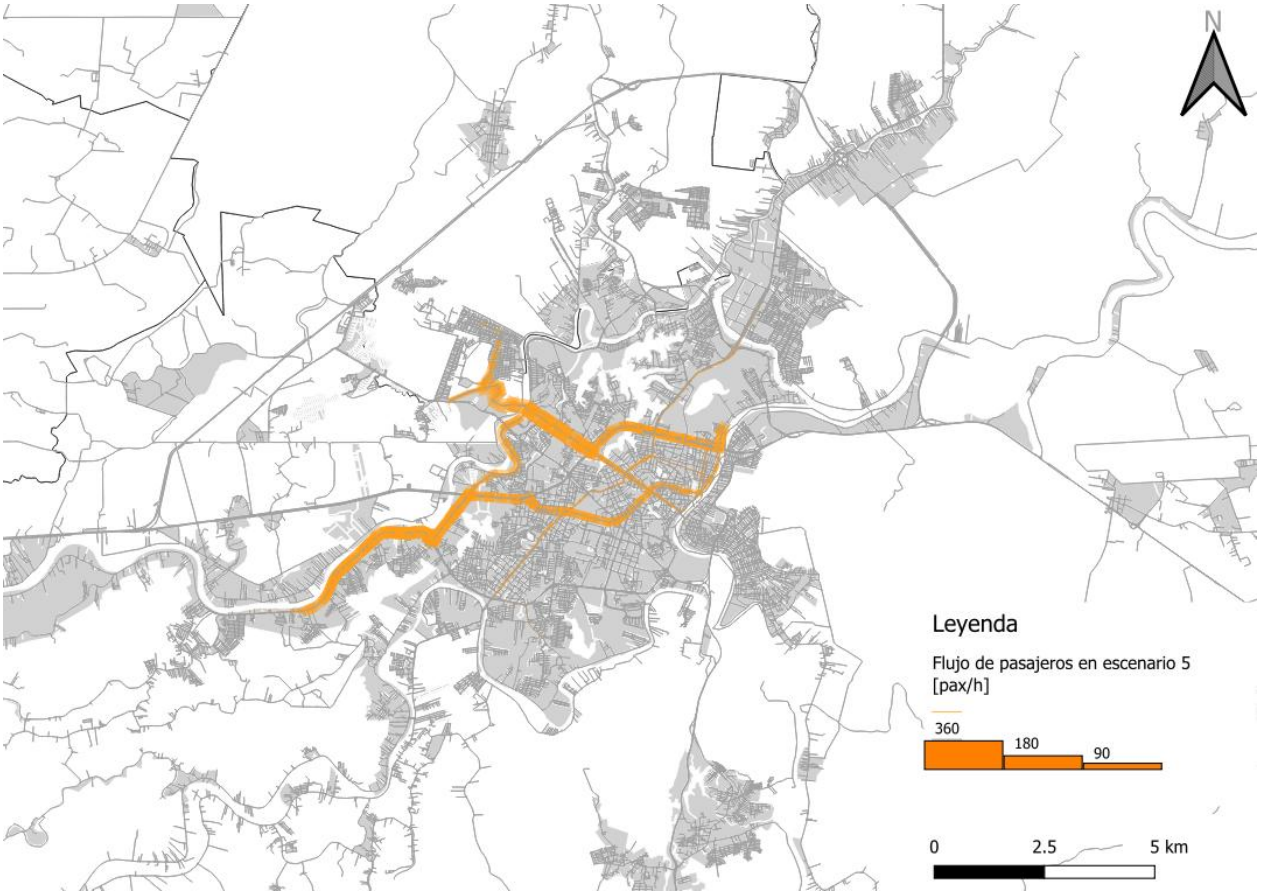
6.4.4.5 *Escenario 5*

El escenario 5 evalúa el cambio de tarifa integrada a una tarifa con cobro de transbordo de $4 entre el sistema integrado. En este caso la reducción de la demanda es mínima lo que indica que el sistema funciona dando servicios directos y no como sistema tronco alimentado. La demanda en este escenario alcanza los 44,100 y 39,700 pasajeros para el caso de operación de 3 minutos y 6 minutos respectivamente.

Ruta	Tiempo de ciclo [min]	Longitud [km]	Intervalo [min]	Demanda	Carga máxima [pphd]
S01	71	24.195436	3	531	308
S02	60	19.475018	3	247	187
S03	36	14.853627	3	354	290
S04	55	18.172031	3	377	281
Méndez			6	1167	
Frigorífico			7	1000	
Fluvial			10	47	6
S01	71	24.195436	6	430	269
S02	60	19.475018	6	151	147
S03	36	14.853627	6	259	236
S04	55	18.172031	6	303	259
Méndez			6	1167	

Ruta	Tiempo de ciclo [min]	Longitud [km]	Intervalo [min]	Demanda	Carga máxima [pphd]
Frigorífico			7	1000	
Fluvial			10	46.5	6

Tabla 31. Demanda de pasajeros en escenario 5



6.4.4.6 *Escenario 6*

En el escenario 6 se evalúa el cobro de transbordo entre el sistema integrado terrestre y el fluvial con tarifa de $4 En este caso la demanda no presenta cambio al no existir demanda significativa en el transporte fluvial la cual pueda verse afectada. Este escenario resulta similar al 1 con 44,500 y 40,000 pasajeros al día bajo la operación con intervalos de 3 minutos y 6 minutos respectivamente.

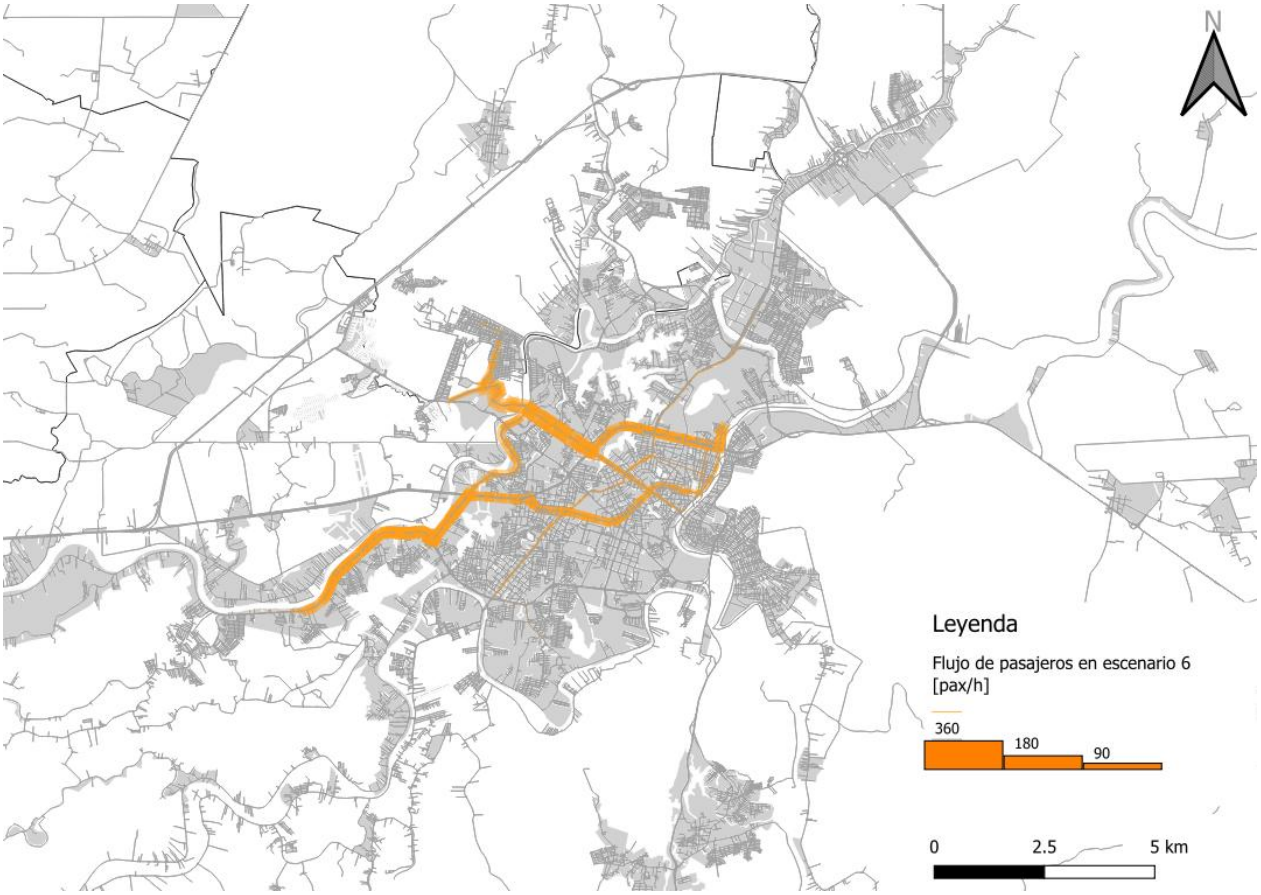


Figura 75. Flujo de pasajeros en el SIT – Escenario 6

6.4.5 Resumen de escenarios

La demanda del sistema integrado de transporte terrestre varia desde los 40,000 pasajeros diarios en los escenarios de tarifa $11 y sin restructuración de rutas hasta los 50,600 en el escenario de tarifa integrada plana de $9. Respecto a los tiempos de recorrido, los escenarios con restructuración generan un ahorro de tiempo de 8% en promedio.

Escenario	Demanda hmd		Demanda diaria		Tiempo de viaje en público [min]
	3 min	6 min	3 min	6 min	
Escenario 1	3,713	3,329	44,562	39,951	55
Escenario 2	3,873	3,420	46,475	41,036	55
Escenario 3	4,101	3,662	49,218	43,941	51
Escenario 4	4,220	3,776	50,642	48,800	51
Escenario 5	3,676	3,310	44,117	39,716	55
Escenario 6	3,713	3,329	44,561	39,950	55
Base	-	-	-	-	56

Tabla 32. Resumen de escenarios

Para los años futuros del proyecto, teniendo en cuenta la demanda de transporte público depende en gran medida del tamaño de la población, para efectos de evaluación del proyecto se recomienda considerar un crecimiento a la misma tasa prevista para la población de Villahermosa. Para el caso específico, CONAPO (Consejo Nacional de Población) estima una tasa media anual cercana al 1.2% en la próxima década.

6.5 Plan de operación

Una vez definida la oferta que tendrá el Sistema, en términos de derroteros y paradas, se procede a la determinación de los requerimientos de flota, basados en el nivel de servicio deseado en términos de cobertura, tiempos de espera máximo, tipología de vehículo, nivel de ocupación y distancia de caminata.

6.5.1 Parámetros del diseño

En primer lugar, teniendo en cuenta las condiciones climáticas de la ciudad, con el objetivo de facilitar la accesibilidad al sistema, se ha considerado una distancia promedio entre paradas de 500 m en Paseo Tabasco y de 250 m para el resto de los corredores.

En cuanto a tiempo de espera se ha definido un promedio de espera de 3.0 min y máximo de 6.0 min, considerando una frecuencia de 10 buses / hora para todas las rutas.

6.5.2 Diseño operacional

Para el diseño operacional, se ha considerado un vehículo de 80 pasajeros de capacidad, con una disposición de 25 sillas, con un nivel de ocupación del 60% (48 pasajeros), con lo cual se garantiza un buen nivel de servicio y se dejar capacidad remanente para el crecimiento de la demanda.

ID	Nombre ruta	Int [min]	Demanda [pas]	Demanda paga	Carga máx [pphd]	Long [km]	T Ciclo [min]	Flota
S02	S02 Universidad – Centro	6.00	258	243	192	19.5	60.0	11
S03	S03 Bicentenario-Gaviotas 2013	6.00	333	318	270	14.9	36.0	7
S01	S01 Hospital – Casa Blanca	6.00	528	472	324	24.2	71.0	13
S04	S04 Saloya-Centro 227	6.00	489	466	374	18.2	55.0	10

Tabla 33. Resumen diseño operacional

En total para las 4 rutas nuevas se requiere un total de 41 buses operativos, que considerando 5 buses de reserva se sugiere dimensionar la operación entre 44 y 46 buses físicos, considerando la importancia de la flota de reserva teniendo en cuenta los siguientes aspectos:

- Mantenimiento y reparaciones, en cualquier operación se debe considerar ventanas de mantenimiento, tener unidades de reserva evita que estas paradas afecten la operación.
- Contingencias, en operación en vías no exclusivas como la del proyecto, es común que los vehículos se vean involucrados en accidentes de tránsito. Los tiempos de reparación de los mismos requieren de vehículos de reserva.
- Garantizar la continuidad del servicio, si un bus falla o no está disponible, la reserva permite cubrir la ruta sin afectar la calidad del servicio.

En cuanto a kilómetros de operación, se ha considerado una reducción en la oferta en periodos valle, con un intervalo de paso generalizado a 8 min, y se han definido las franjas horarias para la oferta, presentadas en la siguiente tabla.

Periodo	Inicio	Fin	Total horas
Punta	6:00	9:00	**3.0**
Valle	9:00	11:30	**2.5**
Punta	11:30	14:00	**2.5**
Valle	14:00	16:00	**2.0**
Punta	16:00	18:00	**2.0**
Valle	18:00	21:00	**3.0**
Total			**15.0**

Tabla 34. Resumen franjas horarias

Por último, en la siguiente tabla se resumen los kilómetros recorridos esperado anualmente, incluyendo las rutas existentes que opera Movitab.

Ruta modelo	Km / día hábil	Km / día no hábil	Km año
Fluvial	-	-	-
S02 Universidad – Centro	2,556	2,190.94	892,078
S03 Bicentenario-Gaviotas 2013	1,950	1,671.03	680,389
S01 Hospital – Casa Blanca	3,176	2,721.99	1,108,302
S05 Gregorio - Ramal 2015	2,578	2,209.41	899,599
S04 Saloya-Centro 227	2,385	2,044.35	832,393
S06 Hospital - 27 de febrero 2016	2,459	2,294.95	879,130
Total	**15,103**	**13,133**	**5,291,891**

Tabla 35. Resumen kilómetros comerciales anuales por ruta

6.5.3 Parámetros de diseño de patios

A continuación se presentan aspectos operacionales que deben ser tenidos en cuenta en el dimensionamiento de Patios.

6.5.3.1 *Capacidad del patio*

Como se expuso anteriormente, se ha determinado una flota operativa de 41 vehículos. Adicionalmente, se recomienda contemplar una flota de reserva de 4 unidades, para un total de 45 buses con las siguientes características geométricas:

- Largo total (m): 10,5
- Ancho total (m): 2,55
- Alto total (m): 3,38
- Altura libre interior (mm): 2.500
- Distancia entre ejes (mm): 5.800

Por último, para el dimensionamiento de la infraestructura se sugiere considerar la posibilidad de expansión de capacidad, ya sea para permitir el estacionamiento nocturno de vehículos provenientes de otros patios o para el crecimiento futuro del sistema. Este valor puede estimarse en un 10%, lo que en este caso implicaría una ampliación que permita atender hasta 50 buses.

6.5.3.2 *Ubicación del patio*

Sobre la ubicación del Patio, se identificaron dos alternativas, las cuales se presentan en los polígonos rojos en la siguiente figura.

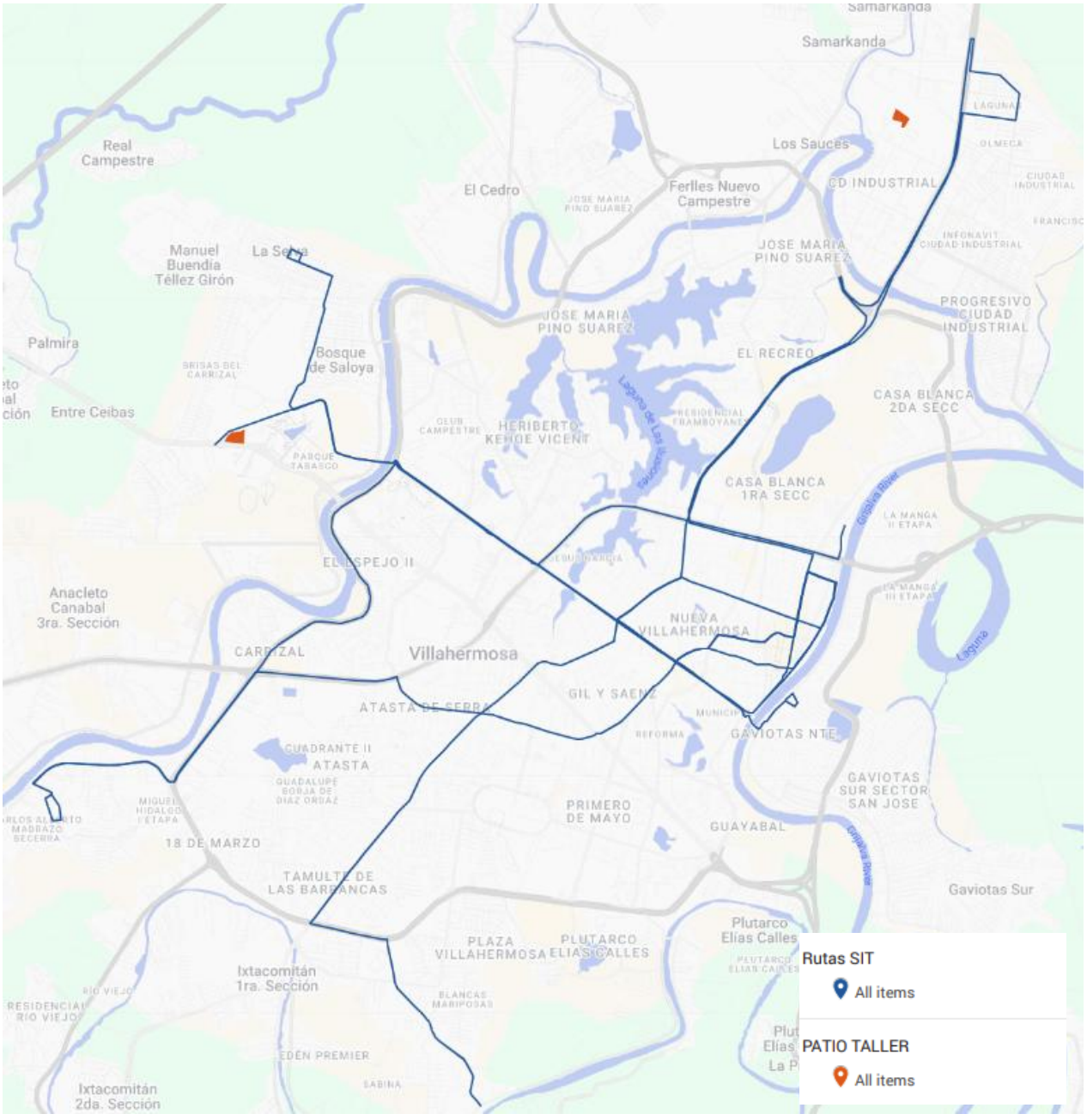


Figura 76. Potencial ubicación de patios

Bajo el entendido que la norma urbana permite la implementación de este equipamiento urbano en las dos alternativas, se realizó un análisis de eficiencia operacional, tendiente a minimizar el número de kilómetros en vacío durante el inicio y el fin de la operación, entendidos como el recorrido que deben hacer los buses desde el patio hasta el punto de inicio de la primera expedición y desde el punto final de la última expedición hasta el patio.

Se encuentra que en el caso en el cual la operación se realiza desde el Patio Bicentenario se generan 116 km en vacío durante el inicio y cierre de operación diaria en día laboral, y en el caso del patio ubicado en el sector de Ciudad Industrial se generan 178km. Por esta razón, desde el punto de vista operacional es preferible operar desde el Patio Bicentenario.

En cuanto al aspecto del suministro de energía en ambas ubicaciones se cuentan con Subestaciones en las cercanías, por lo que a partir del requerimiento energético debe verificarse con la entidad correspondiente la factibilidad de conexión a las mismas.



Figura 77. Locación Subestación Ciudad Industrial



Figura 78. Locación Subestación Saloya

6.5.3.3 *Requerimiento de suministro de energía*

Para la estimación de los requerimientos energéticos asociados a la flota definida en el diseño operacional, se presenta el siguiente análisis. En el caso de una flota compuesta por 46 buses eléctricos, se detallan las características técnicas, la demanda energética, la infraestructura de carga y los conceptos fundamentales relacionados con potencia y capacidad eléctrica.

Según la ficha técnica de un bus eléctrico estándar con capacidad para 80 pasajeros, cada unidad está equipada con una batería cuya capacidad total es de 352,08 kWh, lo que le permite alcanzar una autonomía nominal aproximada de 310 kilómetros por carga completa. La configuración de la batería se caracteriza por una densidad energética de 0,270 kWh por litro, distribuida en ocho módulos o packs, cada uno con una capacidad aproximada de 44 kWh. Esta estructura modular facilita el mantenimiento y la sustitución de componentes, optimizando la operación y prolongando la vida útil del sistema energético.

Cantidad de buses	46
Capacidad total de batería por bus (kWh)	352
Autonomía nominal estimada (km por carga completa)	310
Autonomía mínima estimada (km por carga completa)	210
Densidad energética (kWh/L)	0.270
Número de packs	8 (≈44 kWh cada uno)

Tabla 36. Características de la batería de los buses eléctricos[1]

A partir de esta información se calculó la capacidad mínima requerida de la batería, tomando como referencia la capacidad máxima y la autonomía nominal. Para ello, se estimó el consumo promedio en 1,14 kWh/km, lo que permitió determinar que la capacidad mínima necesaria para garantizar la operación con la autonomía mínima es de aproximadamente 238 kWh.

Para la estimación de la demanda energética se asumió como supuesto que el proceso de carga se realizará entre las 11:00 p. m. y las 5:00 a. m., con el fin de garantizar el inicio de la operación a las 5:00 a. m. Este intervalo proporciona un total de seis horas de carga para cubrir las necesidades energéticas de la flota completa, permitiendo una planificación eficiente y evitando interferencias con la operación diaria.

Además de los datos técnicos, se realizó la estimación de la demanda mínima y máxima requerida, tanto en términos horarios (por cada una de las seis horas de carga) como en el total necesario para suplir la demanda de la operación completa. En el caso de la demanda mínima, esta corresponde a un total de 21.942 kWh diarios, equivalente a 3.657 kWh por hora de carga. Por su parte, la demanda máxima se estimó en 23.000 kWh diarios, lo que representa aproximadamente 3.833 kWh por hora de carga.

Es importante aclarar que la demanda energética proyectada corresponde exclusivamente al consumo asociado a la operación de los buses eléctricos. No incluye el consumo relacionado con servicios auxiliares

[1] Información tomada de la Ficha técnica bus eléctrico (Alana Capital, 2025)

como iluminación, climatización, áreas administrativas u otras instalaciones complementarias. Estos elementos deben ser considerados por separado en el diseño integral de la infraestructura energética.

Si bien en este apartado se presentan tanto la demanda mínima como la máxima, se recomienda proyectar los requerimientos energéticos y dimensionar la infraestructura considerando la demanda máxima correspondiente a los **23.000 kWh diarios**.

Demanda mínima total por día (kWh)	21942
Demanda mínima total por día (kWh)	3657
Demanda máxima total por día (kWh)	**23000**
Demanda máxima total por día (kWh)	3833
Horas de carga	6

Tabla 37. Demanda máxima total y por hora de carga – flota 46 buses

A partir de la estimación de la demanda mínima y máxima, se calculó la potencia requerida por cada cargador. En el escenario de demanda máxima, la potencia necesaria por cargador se estima en 83 kW, mientras que para la demanda mínima corresponde a 80 kW. Estos valores permiten suplir la carga total de los 46 buses eléctricos. Con base en ello, se considera adecuada la instalación de 23 cargadores (dos buses por cargador) con una potencia nominal de 170 kW para cubrir la demanda máxima y de 150 kW para atender la demanda mínima.

Tipo de vehículo	Potencia cargador - Demanda Máxima (kW)	Potencia cargador - Demanda Mínima (kW)	Cantidad de cargadores - 2 buses por cargador
Bus eléctrico 80 pasajeros	170	150	23

Tabla 38. Demanda máxima total y por hora de carga

Por otro lado, en el caso que en el futuro se logre ampliar la flota a un total de 50 buses, la estimación de la demanda energética deberá ajustarse. Para atender esta nueva capacidad operativa, sería necesario incorporar un total de 25 cargadores, lo que implicaría un aumento en la potencia diaria requerida. Para el caso de los 50 buses, la demanda máxima correspondiente a **25.000 kWh** diarios. A continuación, se relaciona el detalle de las demandas:

Demanda mínima total por día (kWh)	23850
Demanda mínima total por día (kWh)	3975
Demanda máxima total por día (kWh)	25000
Demanda máxima total por día (kWh)	4167
Horas de carga	6
Número de cargadores	25

Tabla 39. Demanda máxima total y por hora de carga – flota 50 buses

En proyectos de movilidad eléctrica, se recomienda proyectar los requerimientos energéticos y dimensionar la infraestructura considerando la demanda máxima. Este enfoque permite mantener la operación en condiciones exigentes, evitar sobrecargas y reducir el riesgo de interrupciones durante la jornada, garantizando así la continuidad del servicio y evitando contratiempos operativos.

Aunque en el futuro podría presentarse una demanda diferente debido a la reducción de capacidad y vida útil de las baterías, esta condición no necesariamente refleja el comportamiento operativo del sistema. Dado que los kilómetros requeridos por la operación deben mantenerse, el proveedor de la flota podría conservar las baterías en su máxima potencia mediante estrategias de mantenimiento o reemplazo. Por ello, resulta más adecuado mantener la estimación basada en la demanda máxima.

Desde el punto de vista técnico, esta planificación permite incorporar márgenes de seguridad ante variaciones en el consumo, degradación de baterías y contingencias. En términos económicos, ayuda a optimizar la inversión, evitar gastos innecesarios y mejorar la eficiencia operativa.

6.5.3.4 *Requerimientos de espacio*

El dimensionamiento de espacio considera la flota de 46 buses eléctricos con la posibilidad de expansión a 50 buses en un solo patio. Las alternativas de ubicación presentan dimensiones suficientes para la implantación de la infraestructura, indicándose a continuación la superficie aproximada de los predios:

- Ubicación Bicentenario: 12,647 m^2
- Ubicación Ciudad Industrial: 14,586 m^2

La infraestructura mínima para la operación del patio incluye al menos:

- Control de acceso/salida
- Cajones de estacionamiento para buses
- Subestación eléctrica
- Marquesina para la zona de cargadores
- Fosos de Mantenimiento
- Área de Personal de Mantenimiento
- Áreas de lavado y secado
- Sala de bombas
- Área Administrativa
- Cajones de estacionamiento para autos y racks para bicicletas

El planteamiento del layout para el patio se realiza en la ubicación de Bicentenario, por ser la alternativa recomendada desde el punto de vista de la operación.

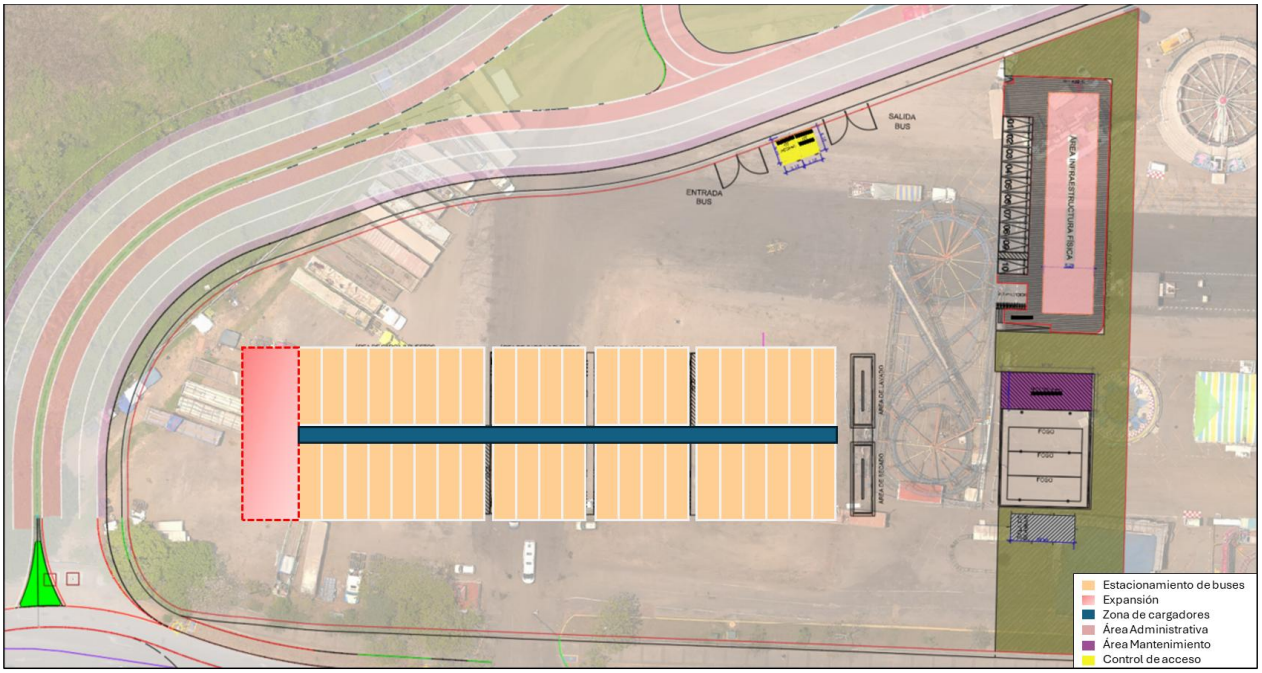


Figura 79. Patio Taller ubicación Bicentenario

Tanto el acceso como la salida del patio se propone sea por medio de la extensión de Paseo Tabasco. Para el control se propone dos casetas, cada una, con un ancho de 3.16 metros y largo de 4.16 metros. Se propone una estructura metálica con muros de tabique recocido aplanados y pintados, además de una cubierta de lámina galvanizada sobre la estructura secundaria metálica. De igual manera, se tiene un piso de concreto pulido con loseta cerámica y cuenta con instalaciones eléctricas, hidráulico-sanitarias y de aire acondicionado, así como ventanas de aluminio para ventilación e iluminación natural.

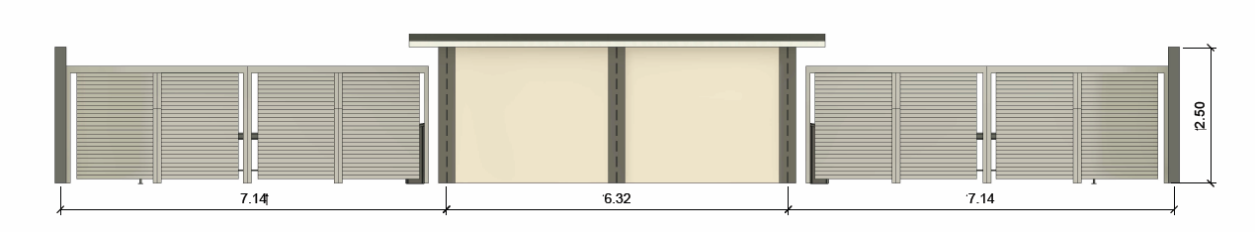


Figura 80. Vista Frontal del Control de Acceso

Para la zona de estacionamiento de buses se dimensiona cajones de 4 metros de ancho y 12.2 metros de largo, siendo la cantidad de cajones iniciales igual a 46 y ampliable a 50 unidades de forma que la totalidad de la flota pernocte en un mismo patio. Para la zona de cargadores eléctricos se considera una marquesina conformada por una estructura metálica sencilla y cubierta de lámina galvanizada, destinada a alojar los cargadores para las unidades eléctricas. Además, cuenta con canalizaciones subterráneas para alimentación eléctrica, así como con elementos de protección y un sistema de iluminación. Los cargadores se instalan en módulos con bases metálicas ancladas al piso de concreto reforzado. Para la alimentación eléctrica se prevé un área para la construcción de una subestación, con 12.45 metros de largo y 4.49 metros de ancho.

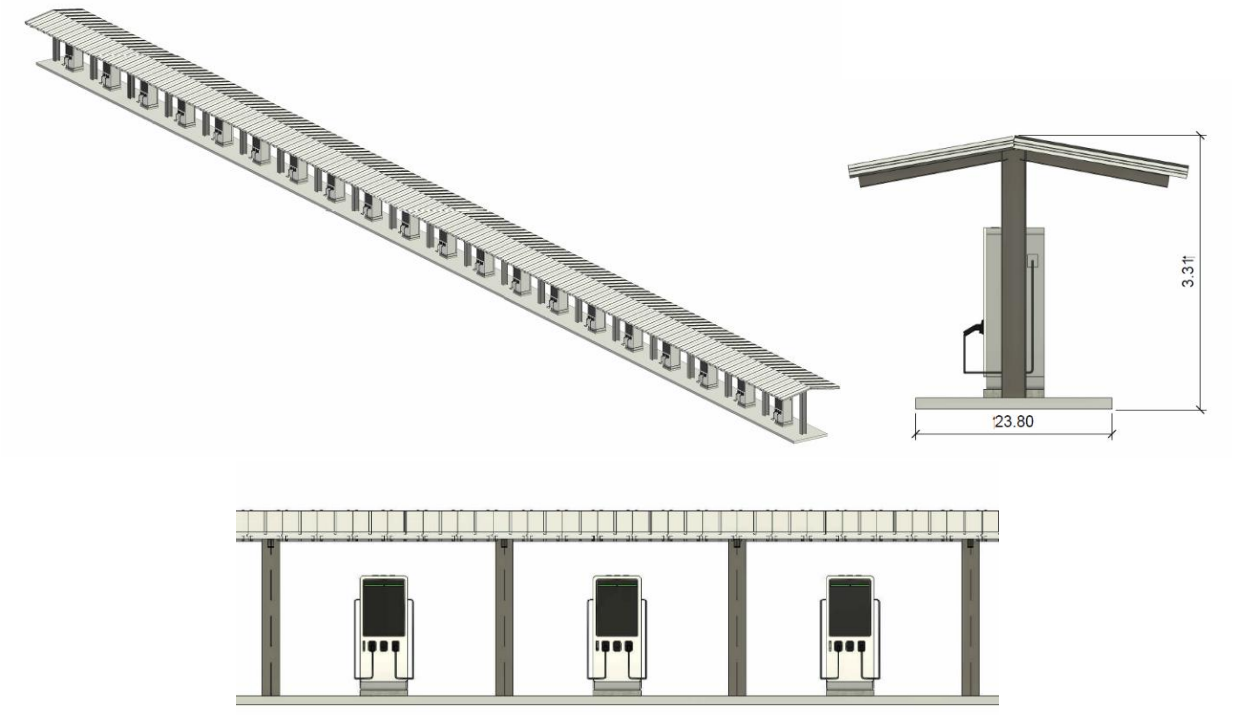


Figura 81. Zona de cargadores eléctricos

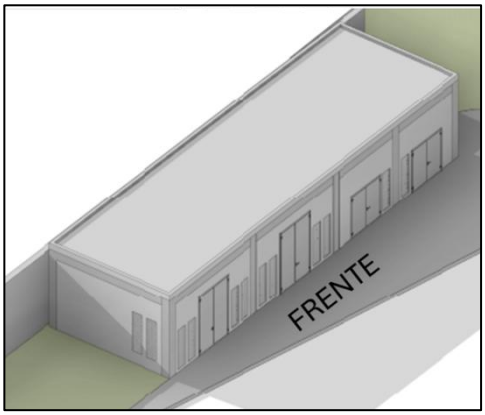


Figura 82. Isométrico de la subestación

Para el área de mantenimiento se tiene una estructura metálica conformada por columnas y vigas de acero con cubierta de lámina galvanizada engargolada, diseñada con pendiente para el adecuado desalojo pluvial. También cuenta con un piso de concreto reforzado con acabado pulido y juntas de dilatación, además de disponer de instalaciones eléctricas, ventilación natural y espacio destinado al servicio y mantenimiento de unidades. Las dimensiones estimadas para el mantenimiento son 15.07 metros de largo y 6.07 metros de ancho.

Es necesario considerar un área administrativa donde se instalen las oficinas, centro de control, sanitarios, área de descanso y cafetería para el personal. Las dimensiones propuestas son 36.45 metros de largo y 8.29 metros de ancho, con una estructura metálica con muros de tabique recocido aplanados y pintados, además de una cubierta de lámina galvanizada sobre la estructura secundaria metálica. De igual manera, se tiene un piso de concreto pulido con loseta cerámica y cuenta con instalaciones eléctricas, hidráulico-sanitarias y de aire acondicionado, así como ventanas de aluminio para ventilación e iluminación natural.

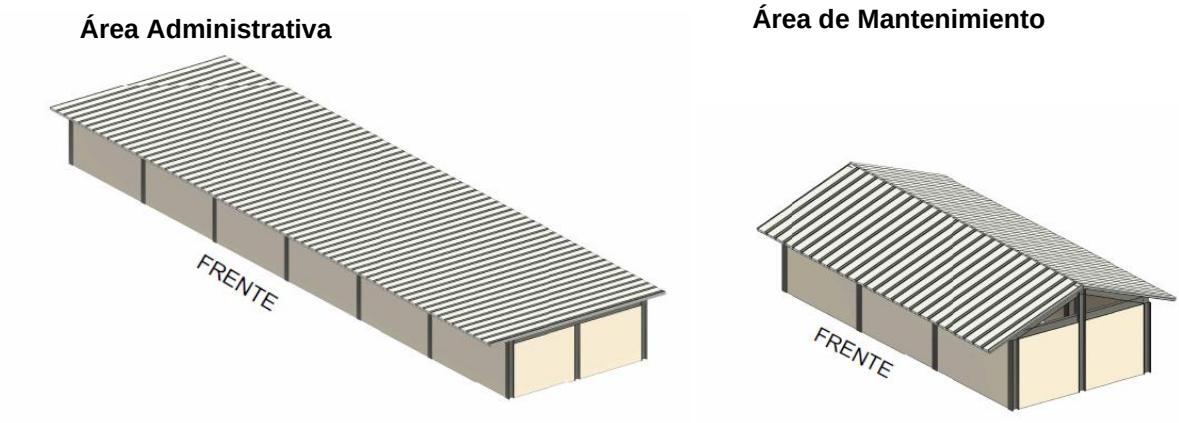


Figura 83. Isométricos de las áreas Administrativa y de Mantenimiento

El requerimiento de áreas para el patio se resume en la siguiente tabla:

ÁREAS				
DESCRIPCIÓN	ANCHO [m]	LARGO [m]	CANTIDAD	ÁREA TOTAL [m^2]
CAJON ESTACIONAMIENTO BUS	4	12.20	46	2244.80
ÁREA PERSONAL DE MANTENIMIENTO	15.07	6.07	1	91.47
CONTROL DE ACCESO	3.16	4.16	2	26.29
ÁREA VERDE	/	/	/	2203.06
PAVIMENTO (ZONA DE MANIOBRAS)	/	/	/	10215.61
MARQUESINA	89.20	2.38	1	212.30
ÁREA INFRAESTRUCTURA FÍSICA	8.29	36.45	1	1561.60
SUBESTACIÓN	12.45	4.49	1	55.90
ZONA DE EXPANSIÓN	12	26.74	1	320.88
FOSO DE MANTENIMIENTO	12.20	4	3	146.40
ÁREA DE LAVADO Y DE SECADO	4	12.20	2	97.60
RACK DE BICICLETAS	5	0.94	1	4.70
ESTACIONAMIENTO ADMINISTRACIÓN	5	26.09	1	130.45
SALA DE BOMBAS	10.58	4.42	1	46.76
LÍMITE PREDIAL	/	/	/	12710.67

Tabla 40. Requerimiento de áreas del Patio

De la anterior tabla se concluye que el requerimiento total es de 12710.67 metros cuadrados, de los cuales 795.03 metros cuadrados corresponden a superficie construida y 10215.61 metros cuadrados son zonas de maniobras. Dentro de esta superficie esta considerada el área de expansión de 320.88 metros cuadrados.

7 ANÁLISIS CORREDOR PASEO TABASCO

7.1 Evaluación de escenarios

La evaluación de escenarios se lleva a cabo mediante el uso de la herramienta *Gestor de escenarios* de la herramienta PTV Vissim. El gestor de escenarios permite crear una serie de modificaciones a la red vial y de transporte público, así como modificaciones a su operación. Una vez creadas las modificaciones se combinan para generar un escenario.

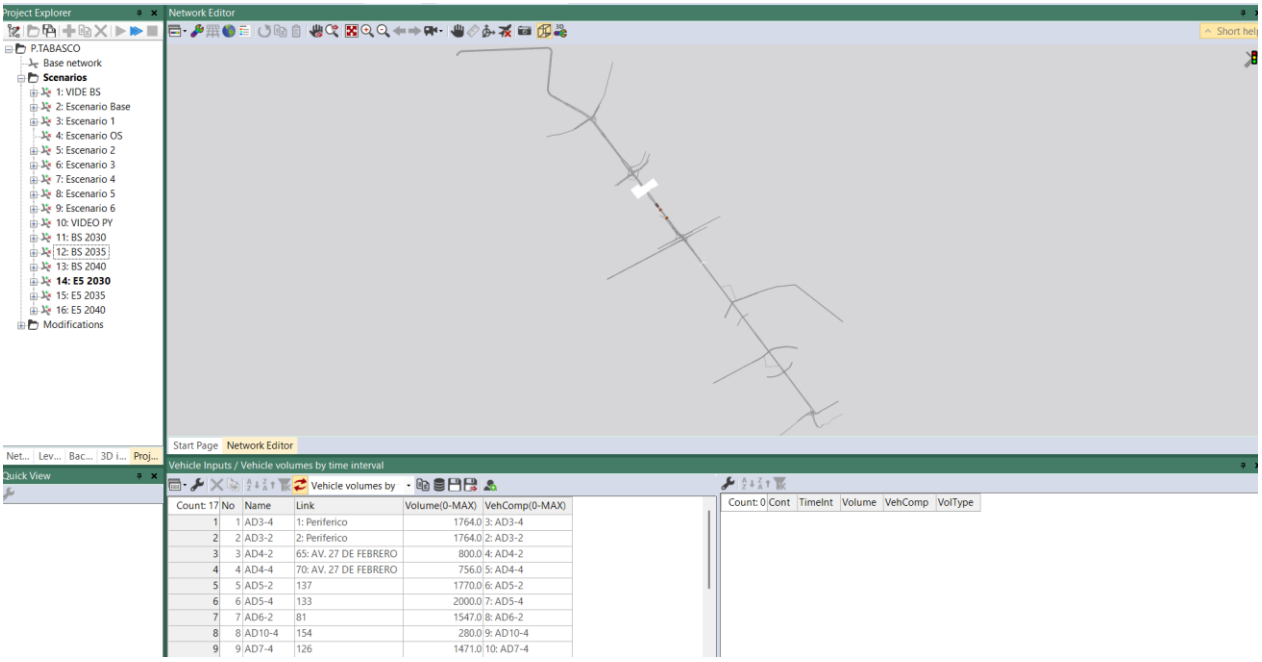


Figura 84. Gestor de escenarios PTV VISM

El análisis considera un total de seis escenarios de intervención, además de la situación actual (escenario 0), los cuales presentan variaciones progresivas en la implementación de elementos de infraestructura y estrategias de gestión del tránsito, tal como se muestra en la tabla siguiente. Cada escenario combina diferentes componentes, tales como la optimización semafórica, un corredor de transporte público, la implementación del puente Carrizal, y la intervención de intersecciones críticas como Ruiz Cortines, Gregorio Méndez y 27 de Febrero.

Escenarios	Componente
0	Situación Actual
1	Optimización semafórica + Corredor de TP + Puente + Ruiz Cortines + Ambos desniveles
2	Optimización semafórica + Corredor de TP + Puente
3	Optimización semafórica + Corredor de TP + Puente + Ambos desniveles
4	Optimización semafórica + Corredor de TP + Puente + Ruiz Cortines + Desnivel Gregorio Méndez
5	Optimización semafórica + Corredor de TP + Puente + Ruiz Cortines + Desnivel 27 febrero
6	Optimización semafórica + Corredor de TP + Puente + Ruiz Cortines

Tabla 41. Escenarios a evaluar

El propósito de esta evaluación es identificar el impacto individual y combinado de cada medida sobre el desempeño global del sistema, en términos de tiempos de recorrido, demoras promedio, longitudes de cola y nivel de servicio (LOS). De esta forma, se busca determinar cuál de las combinaciones propuestas ofrece la mayor eficiencia operativa y contribuye en mayor medida a la reducción del congestionamiento vehicular en el corredor de Paseo Tabasco.

Cada escenario fue ejecutado bajo las mismas condiciones de demanda y calibración del modelo base, asegurando la comparabilidad de resultados entre alternativas. Posteriormente, los indicadores obtenidos fueron analizados de manera cuantitativa y gráfica para establecer diferencias de desempeño y beneficios relativos frente a la situación actual.

7.1.1 Escenario 1

El Escenario 1 contempla la optimización semafórica del corredor de Paseo Tabasco, la implementación del corredor de transporte público, y la incorporación de dos estructuras a desnivel (Puente Carrizal y Puente Ruiz Cortines), junto con ambos pasos a desnivel adicionales. Estas intervenciones buscan mejorar la progresión vehicular, disminuir las demoras en los puntos conflictivos y aumentar la eficiencia operativa del corredor mediante una mayor continuidad de flujo y reducción de interferencias en las intersecciones principales.

En comparación con el Escenario 0, se observa una mejoría generalizada en las demoras promedio y niveles de servicio (LOS) en la mayoría de las intersecciones del corredor Paseo Tabasco. Las demoras promedio disminuyen de manera significativa en los nodos AD01, AD02, AD03, AD04, AD05 y AD06, con reducciones de entre 35 % y 65 %, evidenciando una mayor eficiencia semafórica y menor tiempo de espera en los accesos.

El nivel de servicio mejora en seis de las ocho intersecciones: AD01 pasa de E a C, AD02 de F a D, AD04 mantiene D, AD05 presenta un ligero retroceso de B a C, AD06 conserva D, AD07 mejora de C a B, mientras que AD03 evoluciona de F a E y solo AD08 conserva un LOS F, permaneciendo como punto crítico de congestión.

En términos de longitud máxima de cola (QLENMAX), se aprecia una reducción promedio del 15 % a 40 % en la mayoría de los nodos, con los mayores beneficios en AD01 (–13.4 %), AD02 (–42 %) y AD08 (–12.5 %). No obstante, persisten colas considerables en AD03, AD04 y AD06, que si bien presentan flujos más estables, siguen representando zonas de saturación parcial en horas pico.

Escenario 1			
NODE	QLENMAX (m)	DEMORA PROMEDIO (s)	L.O.S
AD01: Paseo Tabasco y Periférico Carlos Pellicer Cámara	420.67	34.12	C
AD02: Paseo Tabasco y 27 Febrero (Venta)	281.02	42.57	D
AD03: Paseo Tabasco y Adolfo Ruiz Cortines	505.87	60.75	E
AD04: Paseo Tabasco y Av. Gregorio Méndez	508.56	52.71	D
AD05: Paseo Tabasco y Calle 8 horas	491.71	24.34	C
AD06: Paseo Tabasco y Av. 27 de Febrero	470.57	45.83	D
AD07: Paseo Tabasco y Av. Francisco Javier Mina	244.81	19.71	B
AD08: Av. Paseo Tabasco y malecón Carlos A Madrazo	308.14	88.30	F

Tabla 42. Análisis de desempeño por intersección, Escenario 1.

Los tiempos de recorrido modelados muestran una mejora sustancial respecto al escenario base. En dirección Carlos A. Madrazo, el tiempo de viaje se reduce de 14.6 a 14.1 minutos, mientras que en dirección Periférico pasa de 19.3 a 11.7 minutos, evidenciando una reducción del 39 % en el tiempo total de recorrido en el sentido más cargado. Las velocidades promedio aumentan de 17.68 a 18.37 km/h en dirección Madrazo y de 13.36 a 22.18 km/h en dirección Periférico, reflejando una mayor continuidad del flujo y una menor cantidad de detenciones.

DIRECCIÓN	TT E1 (min)	TT CAMPO (min)	DIFERENCIA (%)	VELOCIDAD (km/hr)
Carlos A. Madrazo	14.1	16	**12%**	**18.37**
Periférico	11.7	19	**38%**	**22.18**

Tabla 43. Comparativa de tiempos de recorrido

Asimismo, el tiempo perdido por congestión disminuye de 7 a 5 minutos hacia Madrazo y de 10 a 3 minutos hacia Periférico, lo que representa una reducción promedio del 55 % en las pérdidas operativas derivadas del congestionamiento.

DIRECCIÓN	TT E1 (min)	TT FLUJO LIBRE (min)	TIEMPO PERDIDO (min)
Carlos A. Madrazo	14.1	9	**5**
Periférico	11.7	9	**3**

Tabla 44. Tiempo perdido

En resumen, el Escenario 1 presenta una mejoría integral en la operación del corredor, atribuida principalmente a la optimización de los ciclos semafóricos y a la mayor continuidad longitudinal generada por los pasos a desnivel. En conjunto, los resultados confirman una reducción significativa de las demoras y las colas, acompañada de un incremento de las velocidades promedio y una disminución del tiempo perdido por congestión, lo que se traduce en niveles de servicio globales más favorables, pasando en promedio de categorías E/F a C/D.

7.1.2 Escenario 2

El Escenario 2 considera la optimización semafórica del corredor de Paseo Tabasco, la implementación del corredor de transporte público y la construcción del Puente Carrizal como única infraestructura adicional respecto a la situación actual. Este escenario tiene como objetivo evaluar el impacto aislado de la mejora semafórica y de un solo paso a desnivel sobre la operación del corredor, manteniendo las demás condiciones geométricas y de control sin modificaciones significativas.

En comparación con el Escenario 0, los resultados del Escenario 2 muestran un deterioro operativo en la mayoría de las intersecciones, evidenciado por un incremento en las demoras y un descenso en el nivel de servicio (LOS). Las demoras promedio se incrementan en casi todos los nodos, alcanzando valores críticos en AD03 (202.13 s/veh), AD06 (125.42 s/veh) y AD08 (119.05 s/veh), donde el nivel de servicio es F.

Solo AD01 logra mantener un desempeño aceptable, mejorando ligeramente de E a D, con una reducción marginal en su demora promedio (de 74.74 s a 35.14 s), lo cual indica un efecto localizado de la optimización semafórica. Sin embargo, en el resto de las intersecciones, los tiempos de espera aumentan debido a que la intersección AD03 se vuelve ahora un cuello de botella importante pues con la reducción de carriles por el corredor de transporte público pierde capacidad vial y satura el corredor a pesar de que la intersección presenta una optimización semafórica.

En términos de longitud máxima de cola (QLENMAX), las acumulaciones se incrementan en la mayoría de los nodos, alcanzando valores superiores a 500 m en AD03, AD04, AD06, AD07 y AD08, lo que refleja una saturación extendida a lo largo del corredor. Este patrón confirma que, aunque el Puente Carrizal mejora parcialmente la continuidad del flujo en su entorno inmediato, la omisión del Puente Ruiz Cortines genera efectos de arrastre negativos sobre las intersecciones aguas abajo, especialmente en el entorno de Ruiz Cortines y 27 de Febrero, donde la congestión se propaga en ambos sentidos de circulación.

Escenario 2			
NODE	QLENMAX (m)	DEMORA PROMEDIO (s)	L.O.S
AD01: Paseo Tabasco y Periférico Carlos Pellicer Cámara	416.68	35.14	D
AD02: Paseo Tabasco y 27 Febrero (Venta)	276.17	115.85	F
AD03: Paseo Tabasco y Adolfo Ruiz Cortines	508.68	202.13	F
AD04: Paseo Tabasco y Av. Gregorio Méndez	509.22	90.65	F
AD05: Paseo Tabasco y Calle 8 horas	511.25	76.10	E
AD06: Paseo Tabasco y Av. 27 de Febrero	507.02	125.42	F
AD07: Paseo Tabasco y Av. Francisco Javier Mina	507.61	61.93	E
AD08: Av. Paseo Tabasco y malecón Carlos A Madrazo	506.65	119.05	F

Tabla 45. Análisis de desempeño por intersección, Escenario 2.

A nivel global, los tiempos de recorrido aumentan en ambos sentidos de circulación. En dirección Carlos A. Madrazo, el tiempo promedio crece de 14.6 a 18.0 minutos, mientras que en dirección Periférico se eleva de 19.3 a 26.5 minutos, lo que representa incrementos del 23 % y 37 %, respectivamente. En consecuencia, las velocidades promedio disminuyen notablemente: de 17.68 a 14.43 km/h hacia Madrazo y de 13.36 a 9.79 km/h hacia Periférico, evidenciando una pérdida significativa en la eficiencia operativa del corredor.

DIRECCIÓN	TT E2 (min)	TT CAMPO (min)	DIFERENCIA (%)	VELOCIDAD (km/hr)
Carlos A. Madrazo	18.0	16	**13%**	**14.43**
Periférico	26.5	19	**40%**	**9.79**

Tabla 46. Comparativa de tiempos de recorrido

El tiempo perdido por congestión también aumenta de forma importante. En sentido Madrazo pasa de 7 a 9 minutos, mientras que hacia Periférico se eleva de 10 a 18 minutos, lo que implica un incremento del 80 % en el tiempo improductivo asociado al congestionamiento. Este resultado confirma que la ausencia del Puente Ruiz Cortines impide el aprovechamiento total de la capacidad del corredor, generando acumulaciones recurrentes y una pérdida de continuidad en la progresión vehicular.

DIRECCIÓN	TT E2 (min)	TT FLUJO LIBRE (min)	TIEMPO PERDIDO (min)
Carlos A. Madrazo	18.0	9	**9**
Periférico	26.5	9	**18**

Tabla 47. Tiempo perdido

El Escenario 2 presenta un desempeño menos favorable que la situación actual, registrando mayores tiempos de recorrido, demoras elevadas y colas más extensas en casi todas las intersecciones del corredor.

La implementación aislada del Puente Carrizal, aunada a la optimización semafórica, no resulta suficiente para mejorar el desempeño global del sistema, pues la falta del Puente Ruiz Cortines provoca un estrangulamiento operativo en AD03, que repercute de manera negativa en el resto del eje vial.

Los resultados evidencian que el Puente Ruiz Cortines es un elemento fundamental para garantizar la funcionalidad integral del corredor, al proporcionar capacidad adicional y continuidad longitudinal que permiten liberar la demanda acumulada y evitar la propagación de colas hacia los tramos centrales. En conclusión, este escenario demuestra que las intervenciones parciales o desarticuladas no generan beneficios sistémicos, y que para alcanzar una mejora real en la movilidad del corredor es indispensable la incorporación del Puente Ruiz Cortines junto con una coordinación semafórica efectiva y un manejo adecuado de la capacidad vial disponible.

7.1.3 Escenario 3

El Escenario 3 contempla la optimización semafórica del corredor de Paseo Tabasco, la implementación del corredor de transporte público, la construcción del Puente Carrizal y la incorporación de ambos pasos a desnivel. Este escenario busca evaluar la interacción entre las mejoras semafóricas y la infraestructura complementaria, sin incluir aún el Puente Ruiz Cortines, elemento que en escenarios posteriores forma parte esencial de la propuesta integral del proyecto.

En términos generales, el Escenario 3 presenta un comportamiento muy similar al Escenario 2, con niveles de saturación persistentes y demoras elevadas en la mayor parte de las intersecciones. Las demoras promedio se mantienen altas, destacando nuevamente los nodos AD03 (198.21 s/veh), AD06 (82.19 s/veh) y AD08 (124.06 s/veh) con niveles de servicio F, lo que confirma la persistencia de condiciones críticas de congestión en el corredor.

El único nodo con desempeño relativamente favorable es AD01 (Periférico Carlos Pellicer Cámara), que conserva LOS D con una demora de 36.13 s/veh, atribuible al efecto directo de la optimización semafórica y al flujo más libre en el tramo inicial. Sin embargo, el resto de las intersecciones presenta pérdidas importantes de capacidad, derivadas de la interferencia entre el corredor de transporte público y los flujos mixtos, que limitan la evacuación eficiente del tránsito.

De forma similar al escenario previo, la intersección AD03 (Paseo Tabasco y Adolfo Ruiz Cortines) vuelve a consolidarse como el principal cuello de botella del sistema, ya que la ausencia del Puente Ruiz Cortines impide canalizar los movimientos directos y de giro de manera eficiente. La interacción entre el transporte público y los vehículos particulares en este punto provoca un incremento de las colas (superiores a 500 m), que se propagan aguas abajo hacia Gregorio Méndez y 27 de Febrero, generando efectos de saturación acumulada.

Escenario 3			
NODE	QLENMAX (m)	DEMORA PROMEDIO (s)	L.O.S
AD01: Paseo Tabasco y Periférico Carlos Pellicer Cámara	420.95	36.13	D
AD02: Paseo Tabasco y 27 Febrero (Venta)	276.81	117.95	F
AD03: Paseo Tabasco y Adolfo Ruiz Cortines	510.37	198.21	F
AD04: Paseo Tabasco y Av. Gregorio Méndez	509.43	83.36	F
AD05: Paseo Tabasco y Calle 8 horas	511.51	80.83	E
AD06: Paseo Tabasco y Av. 27 de Febrero	508.16	82.19	F

Escenario 3			
NODE	QLENMAX (m)	DEMORA PROMEDIO (s)	L.O.S
AD07: Paseo Tabasco y Av. Francisco Javier Mina	506.96	61.19	E
AD08: Av. Paseo Tabasco y malecón Carlos A Madrazo	509.39	124.06	F

Tabla 48. Análisis de desempeño por intersección, Escenario 3.

Los resultados globales del modelo confirman una tendencia negativa en los tiempos de recorrido y velocidades promedio en comparación con la situación actual. En dirección Carlos A. Madrazo, el tiempo de viaje aumenta de 14.6 a 18.3 minutos, mientras que en dirección Periférico asciende de 19.3 a 26.8 minutos, lo que representa incrementos del 25 % y 39 %, respectivamente.

En consecuencia, las velocidades promedio disminuyen a 14.17 km/h hacia Madrazo y 9.69 km/h hacia Periférico, evidenciando que el flujo se mantiene interrumpido y que los pasos a desnivel implementados no logran compensar las restricciones en las intersecciones más conflictivas.

DIRECCIÓN	TT E3 (min)	TT CAMPO (min)	DIFERENCIA (%)	VELOCIDAD (km/hr)
Carlos A. Madrazo	18.3	16	**15%**	**14.17**
Periférico	26.8	19	**41%**	**9.69**

Tabla 49. Comparativa de tiempos de recorrido

El tiempo perdido por congestión permanece elevado, con 9 minutos hacia Madrazo y 18 minutos hacia Periférico, reflejando una eficiencia operativa deficiente y una alta exposición a detenciones semafóricas sucesivas.

DIRECCIÓN	TT E3 (min)	TT FLUJO LIBRE (min)	TIEMPO PERDIDO (min)
Carlos A. Madrazo	18.3	9	**9**
Periférico	26.8	9	**18**

Tabla 50. Tiempo perdido

El Escenario 3 demuestra que la implementación de los pasos a desnivel sin la incorporación del Puente Ruiz Cortines no resuelve las condiciones de saturación existentes. Aunque las obras complementarias aportan una ligera mejora en la fluidez local, los resultados globales revelan que el corredor sigue operando con niveles de servicio E y F, demoras elevadas y colas extensas que se extienden a lo largo de varios tramos.

La persistencia del cuello de botella en AD03 (Ruiz Cortines) reafirma que esta intersección es estratégica para el funcionamiento del sistema. Sin su reconfiguración y el paso a desnivel correspondiente, las mejoras parciales pierden efectividad y el corredor continúa trabajando por debajo de su capacidad teórica.

En síntesis, el Escenario 3 confirma que la incorporación del Puente Ruiz Cortines es fundamental para lograr una mejora estructural en la operación del corredor, ya que permite restablecer la continuidad longitudinal, reducir las colas en los tramos intermedios y equilibrar los flujos entre el transporte público y el tránsito mixto. Sin este elemento, el sistema mantiene condiciones críticas de congestión, limitando los beneficios esperados de la optimización semafórica y las intervenciones a desnivel.

7.1.4 Escenario 4

El Escenario 4 contempla la optimización semafórica del corredor de Paseo Tabasco, la implementación del corredor de transporte público, la construcción del Puente Carrizal, el Puente Ruiz Cortines y el desnivel Gregorio Méndez. Este conjunto de medidas tiene como objetivo evaluar el impacto de la incorporación del Puente Ruiz Cortines, elemento considerado esencial para restablecer la continuidad operativa del sistema, junto con la mejora de la fluidez en la zona media del corredor a través del desnivel Gregorio Méndez.

A diferencia de los escenarios previos, los resultados del Escenario 4 muestran una mejoría clara y sostenida en la mayoría de las intersecciones, evidenciando la importancia funcional del Puente Ruiz Cortines dentro de la red. Las demoras promedio disminuyen de forma considerable, particularmente en AD03 (60.89 s/veh), donde el nivel de servicio mejora de F a E, y en AD06 (48.86 s/veh), con un LOS D, lo que refleja una reducción efectiva de los tiempos de espera respecto al Escenario 3.

El nivel de servicio global del corredor presenta un comportamiento favorable: cinco de las ocho intersecciones operan entre LOS B y D, destacando AD01 (C), AD05 (C) y AD07 (B) como puntos con operación estable y fluida. Únicamente AD08 (Malecón Carlos A. Madrazo) mantiene condiciones críticas (LOS F), aunque con una reducción notable en las colas y demoras promedio, pasando de 119.05 s a 88.67 s, lo que indica una descongestión parcial del extremo sur del corredor.

En cuanto a las longitudes máximas de cola (QLENMAX), los valores se reducen de manera significativa en casi todos los nodos. Las colas promedio, que en los escenarios 2 y 3 superaban los 500 m, disminuyen a rangos entre 280 m y 320 m en las intersecciones más críticas. Este resultado confirma que la incorporación del Puente Ruiz Cortines permite redistribuir los flujos vehiculares, evitando la acumulación excesiva que antes se concentraba en la intersección AD03, la cual deja de actuar como cuello de botella principal.

Escenario 4			
NODE	QLENMAX (m)	DEMORA PROMEDIO (s)	L.O.S
AD01: Paseo Tabasco y Periférico Carlos Pellicer Cámara	432.31	34.98	C
AD02: Paseo Tabasco y 27 Febrero (Venta)	283.26	45.83	D
AD03: Paseo Tabasco y Adolfo Ruiz Cortines	505.87	60.89	E
AD04: Paseo Tabasco y Av. Gregorio Méndez	510.15	52.56	D
AD05: Paseo Tabasco y Calle 8 horas	508.17	25.16	C
AD06: Paseo Tabasco y Av. 27 de Febrero	322.39	48.86	D
AD07: Paseo Tabasco y Av. Francisco Javier Mina	231.86	19.97	B
AD08: Av. Paseo Tabasco y malecón Carlos A Madrazo	297.00	88.67	F

Tabla 51. Análisis de desempeño por intersección, Escenario 4.

El análisis de los tiempos de recorrido y las velocidades promedio respalda los resultados observados a nivel de intersección. En dirección Carlos A. Madrazo, el tiempo de viaje disminuye a 14.5 minutos, prácticamente igualando la condición base, mientras que en dirección Periférico se reduce de 19 a 11.8 minutos, lo que representa una mejora del 38 % respecto al escenario actual.

De forma correlativa, las velocidades promedio aumentan a 17.94 km/h hacia Madrazo y 21.98 km/h hacia Periférico, reflejando una circulación más continua, menor cantidad de detenciones y mejor aprovechamiento de los ciclos semafóricos.

DIRECCIÓN	TT E4 (min)	TT CAMPO (min)	DIFERENCIA (%)	VELOCIDAD (km/hr)
Carlos A. Madrazo	14.5	16	**9%**	**17.94**
Periférico	11.8	19	**38%**	**21.98**

Tabla 52. Comparativa de tiempos de recorrido

El tiempo perdido por congestión también mejora sustancialmente, pasando de 7 a 5 minutos hacia Madrazo y de 10 a 3 minutos hacia Periférico, lo que representa una reducción global del 50 % en las pérdidas operativas.

DIRECCIÓN	TT E4 (min)	TT FLUJO LIBRE (min)	TIEMPO PERDIDO (min)
Carlos A. Madrazo	14.5	9	**5**
Periférico	11.8	9	**3**

Tabla 53. Tiempo perdido

El Escenario 4 demuestra que la inclusión del Puente Ruiz Cortines, junto con el desnivel Gregorio Méndez, tiene un impacto decisivo en la eficiencia operativa del corredor. Su incorporación permite eliminar el cuello de botella histórico en la intersección AD03, que en escenarios anteriores limitaba el desempeño del sistema, y restablecer la continuidad longitudinal del flujo vehicular en ambos sentidos.

Los indicadores muestran una mejora generalizada en demoras, colas y velocidades, consolidando un nivel de servicio promedio de D en el corredor, con varios nodos alcanzando condiciones C e incluso B. Esto refleja un sistema más equilibrado, con menores pérdidas por congestión y una progresión semafórica más efectiva.

En síntesis, el Escenario 4 confirma la relevancia del Puente Ruiz Cortines como elemento estructural indispensable para el correcto funcionamiento del corredor, al proporcionar la capacidad adicional

necesaria para evacuar la demanda de forma eficiente y estabilizar el flujo en los tramos intermedios. Si bien persisten áreas de oportunidad en el extremo sur (AD08), los resultados evidencian una mejora integral y sostenida respecto a los escenarios previos, marcando un punto de inflexión en la operación general del sistema.

7.1.5 Escenario 5

El Escenario 5 considera la optimización semafórica del corredor de Paseo Tabasco, la implementación del corredor de transporte público, la construcción del Puente Carrizal, el Puente Ruiz Cortines y el desnivel de 27 de Febrero. Este escenario tiene como propósito evaluar la sinergia operativa entre el Puente Ruiz Cortines y el paso a desnivel de 27 de Febrero, con el fin de determinar su efecto conjunto sobre la redistribución de flujos y la disminución de la congestión a lo largo del corredor.

Los resultados del Escenario 5 consolidan las mejoras observadas en el escenario anterior, evidenciando una operación más uniforme y estable en la mayoría de las intersecciones. Las demoras promedio mantienen valores bajos en comparación con la situación actual, especialmente en AD01 (34.36 s, LOS C), AD05 (13.27 s, LOS B) y AD07 (18.08 s, LOS B), reflejando una circulación fluida en los tramos iniciales e intermedios.

En los nodos más conflictivos, AD03 (59.55 s, LOS E) y AD08 (89.03 s, LOS F), aunque aún se presentan valores altos, las demoras y colas máximas se reducen considerablemente respecto a los escenarios 2 y 3. Este comportamiento confirma que la incorporación del Puente Ruiz Cortines continúa siendo el elemento clave que permite aliviar la saturación generada por la interacción del transporte público con el flujo mixto, mientras que el desnivel de 27 de Febrero contribuye a mejorar la evacuación de vehículos y a reducir la acumulación de colas en el extremo norte del corredor.

Las longitudes máximas de cola (QLENMAX) se mantienen en valores manejables, oscilando entre 130 y 470 m. En comparación con el escenario base, donde se registraban colas de hasta 500 m, esto representa una reducción del 20–30 %, lo que indica una redistribución más eficiente del tránsito y una mayor continuidad en la progresión vehicular

Escenario 5			
NODE	QLENMAX (m)	DEMORA PROMEDIO (s)	L.O.S
AD01: Paseo Tabasco y Periférico Carlos Pellicer Cámara	430.76	34.36	C
AD02: Paseo Tabasco y 27 Febrero (Venta)	281.76	44.36	D
AD03: Paseo Tabasco y Adolfo Ruiz Cortines	508.64	59.55	E
AD04: Paseo Tabasco y Av. Gregorio Méndez	401.84	40.39	D
AD05: Paseo Tabasco y Calle 8 horas	130.79	13.27	B
AD06: Paseo Tabasco y Av. 27 de Febrero	469.97	45.20	D
AD07: Paseo Tabasco y Av. Francisco Javier Mina	154.05	18.08	B
AD08: Av. Paseo Tabasco y malecón Carlos A Madrazo	308.86	89.03	F

Tabla 54. Análisis de desempeño por intersección, Escenario 5.

Los tiempos de recorrido y las velocidades promedio confirman una mejora sostenida en el desempeño global del corredor. En dirección Carlos A. Madrazo, el tiempo de viaje se mantiene en 14.7 minutos, mientras que en dirección Periférico disminuye a 11.3 minutos, consolidando una reducción global del 40 % respecto a la situación actual.

En consecuencia, las velocidades promedio aumentan a 17.67 km/h hacia Madrazo y 23.04 km/h hacia Periférico, evidenciando una notable mejora en la eficiencia operativa y la fluidez vehicular.

DIRECCIÓN	TT E5 (min)	TT CAMPO (min)	DIFERENCIA (%)	VELOCIDAD (km/hr)
Carlos A. Madrazo	14.7	16	**8%**	**17.67**
Periférico	11.3	19	**41%**	**23.04**

Tabla 55. Comparativa de tiempos de recorrido

Asimismo, el tiempo perdido por congestión desciende a 6 minutos hacia Madrazo y apenas 2 minutos hacia Periférico, lo cual representa una reducción de hasta el 70 % en comparación con el escenario base, señal de que la intervención combinada entre el Puente Ruiz Cortines y el desnivel de 27 de Febrero favorece la disipación de colas y el aprovechamiento de los ciclos semafóricos.

DIRECCIÓN	TT E5 (min)	TT FLUJO LIBRE (min)	TIEMPO PERDIDO (min)
Carlos A. Madrazo	14.7	9	**6**
Periférico	11.3	9	**2**

Tabla 56. Tiempo perdido

El Escenario 5 ratifica la relevancia estructural del Puente Ruiz Cortines dentro del corredor de Paseo Tabasco, ya que permite mantener la continuidad longitudinal del flujo vehicular, mientras que la incorporación del desnivel de 27 de Febrero potencia el desempeño de la red al mejorar la conexión entre los tramos norte y central. Esta combinación se traduce en niveles de servicio globales entre C y D, con una operación más equilibrada y menores demoras promedio.

El comportamiento de los indicadores (reducción de colas, aumento de velocidades y disminución del tiempo perdido) refleja una mejora integral y sostenida, que confirma el éxito de la estrategia de integración de infraestructura jerárquica. Con esta configuración, el corredor presenta una fluidez estable, disminuyendo la presión sobre los puntos críticos que afectaban la movilidad en escenarios previos.

En síntesis, el Escenario 5 evidencia un sistema más eficiente y resiliente, donde la sinergia entre el Puente Ruiz Cortines y el desnivel de 27 de Febrero permite maximizar la capacidad efectiva del corredor y reducir las pérdidas por congestión, consolidando así una configuración altamente favorable para la operación futura del sistema vial.

7.1.6 Escenario 6

El Escenario 6 incorpora la optimización semafórica del corredor de Paseo Tabasco, la implementación del corredor de transporte público, el Puente Carrizal y el Puente Ruiz Cortines, sin incluir los pasos a desnivel. Este escenario busca evaluar si la combinación de ambos puentes, junto con una gestión eficiente de los tiempos semafóricos, es suficiente para garantizar una operación estable sin requerir intervenciones de mayor costo y complejidad constructiva como los desniveles de Gregorio Méndez o 27 de Febrero.

Los resultados del Escenario 6 muestran un comportamiento operativo muy similar al observado en los escenarios 4 y 5, lo que evidencia que los desniveles no generan un impacto adicional significativo sobre las condiciones de flujo del corredor. En general, se mantiene un buen desempeño en la mayoría de las intersecciones, con niveles de servicio entre B y D, que garantizan una circulación continua y con demoras controladas.

Las demoras promedio se mantienen en valores estables: AD01 (34.48 s, LOS C), AD04 (43.88 s, LOS D) y AD06 (44.63 s, LOS D) presentan condiciones comparables a las de los escenarios con desniveles, mientras que las intersecciones AD05 (13.16 s, LOS B) y AD07 (17.42 s, LOS B) continúan operando con alta eficiencia.

Aunque AD03 (60.63 s, LOS E) y AD08 (92.26 s, LOS F) aún presentan niveles de saturación moderada, sus valores son prácticamente equivalentes a los registrados en el Escenario 5, confirmando que la ausencia de los desniveles no deteriora el desempeño general del sistema. Además, las longitudes máximas de cola (QLENMAX) permanecen dentro de rangos adecuados, con valores que oscilan entre 250 m y 430 m, muy similares a los obtenidos con la infraestructura adicional.

Escenario 6			
NODE	QLENMAX (m)	DEMORA PROMEDIO (s)	L.O.S
AD01: Paseo Tabasco y Periférico Carlos Pellicer Cámara	428.49	34.48	C
AD02: Paseo Tabasco y 27 Febrero (Venta)	278.25	45.97	D
AD03: Paseo Tabasco y Adolfo Ruiz Cortines	506.83	60.63	E
AD04: Paseo Tabasco y Av. Gregorio Méndez	410.11	43.88	D
AD05: Paseo Tabasco y Calle 8 horas	132.10	13.16	B
AD06: Paseo Tabasco y Av. 27 de Febrero	250.92	44.63	D
AD07: Paseo Tabasco y Av. Francisco Javier Mina	146.38	17.42	B
AD08: Av. Paseo Tabasco y malecón Carlos A Madrazo	314.28	92.26	F

Tabla 57. Análisis de desempeño por intersección, Escenario 6.

El análisis de los tiempos de recorrido y velocidades promedio refuerza esta conclusión. En dirección Carlos A. Madrazo, el tiempo de viaje se reduce a 14.1 minutos, mientras que en dirección Periférico se mantiene en 11.5 minutos, ambos valores prácticamente idénticos a los obtenidos en el Escenario 5.

Las velocidades promedio alcanzan 18.40 km/h hacia Madrazo y 22.52 km/h hacia Periférico, lo cual representa un incremento superior al 35 % respecto a la situación actual.

DIRECCIÓN	TT E6 (min)	TT CAMPO (min)	DIFERENCIA (%)	VELOCIDAD (km/hr)
Carlos A. Madrazo	14.1	16	**12%**	**18.40**
Periférico	11.5	19	**39%**	**22.52**

Tabla 58. Comparativa de tiempos de recorrido

Asimismo, el tiempo perdido por congestión se mantiene en 5 minutos hacia Madrazo y 3 minutos hacia Periférico, lo que confirma que el sistema logra una operación eficiente y estable sin necesidad de estructuras a desnivel.

DIRECCIÓN	TT E6 (min)	TT FLUJO LIBRE (min)	TIEMPO PERDIDO (min)
Carlos A. Madrazo	14.1	9	**5**
Periférico	11.5	9	**3**

Tabla 59. Tiempo perdido

El Escenario 6 demuestra que la combinación del Puente Carrizal, el Puente Ruiz Cortines y la optimización semafórica es suficiente para alcanzar un nivel de operación óptimo en el corredor de Paseo Tabasco, sin requerir obras de gran envergadura como los desniveles analizados en los escenarios 4 y 5.

Los resultados globales en términos de demoras, colas, tiempos de recorrido y velocidades promedio son prácticamente equivalentes a los obtenidos cuando se incluyen dichas estructuras, lo que evidencia que su aporte marginal al desempeño del sistema es reducido frente al costo y complejidad constructiva que implican.

En síntesis, el Puente Ruiz Cortines se consolida como la intervención más relevante y determinante para el correcto funcionamiento del corredor, al eliminar los principales cuellos de botella y restablecer la continuidad del flujo vehicular. Con su implementación y una adecuada gestión semafórica, el corredor alcanza condiciones operativas eficientes, con un nivel de servicio promedio entre C y D, reduciendo significativamente las pérdidas por congestión sin necesidad de infraestructura adicional.

7.1.7 Comparación de escenarios

La evaluación integral de los escenarios permite observar una evolución progresiva del desempeño operativo del corredor, conforme se integran estrategias combinadas de gestión semafórica e infraestructura.

El Escenario 0 (situación actual) presenta las condiciones más críticas, con niveles de servicio E y F, demoras superiores a 130 s/veh, y tiempos perdidos de hasta 10 minutos, consecuencia directa de una mala coordinación semafórica, pérdida de capacidad efectiva por estacionamiento en vía pública y entrecruzamiento de flujos en la intersección AD03 (Ruiz Cortines).

Los Escenarios 1, 4 y 5 muestran una mejoría sustancial en el desempeño, atribuida principalmente a la incorporación del Puente Ruiz Cortines, que restablece la continuidad longitudinal del flujo y elimina el cuello de botella que en los escenarios 2 y 3 saturaba el corredor.

El análisis evidencia que la presencia de los desniveles (Gregorio Méndez y 27 de Febrero) no aporta una diferencia significativa en el desempeño, ya que las reducciones en demoras y colas son marginales frente a los resultados del Escenario 6, donde se omiten.

En cambio, los Escenarios 2 y 3 confirman que la ausencia del Puente Ruiz Cortines genera un deterioro severo del sistema, con aumentos de hasta 200 s/veh en demoras y velocidades promedio inferiores a 10 km/h.

Estos resultados validan que el Puente Ruiz Cortines es el elemento estructural crítico del corredor, capaz de absorber la demanda y redistribuir los flujos con eficiencia incluso sin apoyo de obras a desnivel.

Finalmente, el Escenario 6 reproduce prácticamente los mismos niveles de desempeño que el Escenario 5, pero con menor complejidad constructiva y costos reducidos, demostrando que las soluciones de optimización semafórica e infraestructura selectiva son suficientes para garantizar una operación eficiente y sostenible en el tiempo.

Escenario	Demora promedio (seg)	LOS predominante	Velocidad (km/h) Madrazo	Velocidad (km/h) Periférico	Tiempo perdido (min) Madrazo	Tiempo perdido (min) Periférico
0	75–137	E–F	17.68	13.36	7	10
1	20–88	B–F	18.37	22.18	5	3
2	35–202	D–F	14.43	9.79	9	18
3	36–198	D–F	14.17	9.69	9	18
4	25–89	B–E	17.94	21.98	5	3
5	13–89	B–E	17.67	23.04	6	2
6	13–92	B–E	18.4	22.52	5	3

Tabla 60. Comparativa de desempeño por escenario

Con base en los indicadores técnicos, se concluye que el Escenario 6 representa la alternativa óptima para la operación futura del corredor Paseo Tabasco, al ofrecer niveles de servicio entre B y D, velocidades superiores a 20 km/h, y reducciones del 60–70 % en tiempos perdidos por congestión, sin requerir intervenciones de alto costo como los desniveles.

La optimización semafórica combinada con la construcción del Puente Carrizal y el Puente Ruiz Cortines logra un equilibrio ideal entre eficiencia operativa, costo y factibilidad, proporcionando una solución técnica realista y sostenible para la mejora de la movilidad en el corredor.

En síntesis, el análisis evidencia que:

- El Puente Ruiz Cortines es la pieza clave del sistema vial.
- Los desniveles no son necesarios para alcanzar condiciones óptimas de operación.
- La gestión semafórica coordinada y la infraestructura puntual resultan suficientes para estabilizar el flujo y minimizar la congestión.

Por tanto, el Escenario 6 se consolida como la opción más eficiente, funcional y costo-efectiva para la implementación del proyecto.

7.2 Proyección de la demanda

Para el análisis de crecimiento o proyección de la demanda vehicular, se plantea utilizar la metodología CAGR (Compound Annual Growth Rate o Tasa de Crecimiento Anual Compuesta), la cual se utiliza para estimar el ritmo promedio de crecimiento de una variable a lo largo de un periodo de tiempo determinado, bajo el supuesto de que el incremento se produce de forma constante y acumulativa año tras año. En estudios de transporte, esta metodología se aplica comúnmente para proyectar la evolución de volúmenes vehiculares, demanda de viajes o población cuando se dispone de datos históricos en distintos años base.

A diferencia de un crecimiento lineal, el CAGR refleja el efecto compuesto del incremento, es decir, cómo una cantidad inicial crece a un ritmo porcentual constante que se acumula progresivamente en cada periodo. Esta característica la hace especialmente útil para estimar tasas de crecimiento sostenido en fenómenos que no evolucionan de manera uniforme, pero que mantienen una tendencia general ascendente o descendente.

La fórmula general se expresa como:

$$CAGR = \left(\frac{Vf}{Vi}\right)^{\frac{1}{n}} - 1$$

Donde:
Vf= Valor final de la variable (por ejemplo, volumen vehicular en el año más reciente)
Vi=Valor inicial
N=Número de años del periodo analizado.

En el ámbito de la ingeniería de tránsito, la metodología CAGR se aplica para proyectar volúmenes de tránsito futuros con base en registros históricos de aforos vehiculares, datos de crecimiento demográfico o información proveniente de fuentes oficiales (como INEGI o SICT).

Una vez determinada la tasa de crecimiento anual compuesta, se puede estimar el flujo futuro mediante la siguiente expresión:

$$Vt = Vi\ (1 + CAGR)^{t}$$

Donde:
Vt= Volumen proyectado en el año futuro "t"
Vi=Volumen del año base
t=Número de años a proyectar

Para el análisis de crecimiento o proyección de la demanda vehicular, se plantea utilizar la metodología CAGR (Compound Annual Growth Rate o Tasa de Crecimiento Anual Compuesta), la cual se utiliza para estimar el ritmo promedio de crecimiento de una variable a lo largo de un periodo de tiempo determinado, bajo el supuesto de que el incremento se produce de forma constante y acumulativa año tras año. En estudios de transporte, esta metodología se aplica comúnmente para proyectar la evolución de volúmenes vehiculares, demanda de viajes o población cuando se dispone de datos históricos en distintos años base.

A diferencia de un crecimiento lineal, el CAGR refleja el efecto compuesto del incremento, es decir, cómo una cantidad inicial crece a un ritmo porcentual constante que se acumula progresivamente en cada periodo. Esta característica la hace especialmente útil para estimar tasas de crecimiento sostenido en fenómenos que no evolucionan de manera uniforme, pero que mantienen una tendencia general ascendente o descendente.

De acuerdo con la información proporcionada por el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), el número de vehículos a motor registrados en circulación en Villahermosa ha mostrado una tendencia sostenida al alza durante la última década, pasando de 254,759 unidades en 2014 a 352,663 en 2024, lo que representa un incremento del 38.4% en diez años. Esta evolución refleja, según la metodología CAGR un crecimiento medio anual del orden de 3.3%, lo cual coincide con las tasas observadas en zonas urbanas con expansión económica y motorización similares.

La proyección de la flota vehicular con base en esta tendencia indica que para los próximos 15 años (2030, 2035 y 2040), el parque vehicular de Villahermosa podría aumentar en más de un 65% respecto a los

niveles actuales, lo que implicará una presión significativa sobre la infraestructura vial y los sistemas de control de tránsito actuales en la ciudad.

Año	2014	2024	2025
Vehículos registrados	254,759	352,663	364,319

Tabla 61. Evolución del parque vehicular en Villahermosa en los últimos 10 años

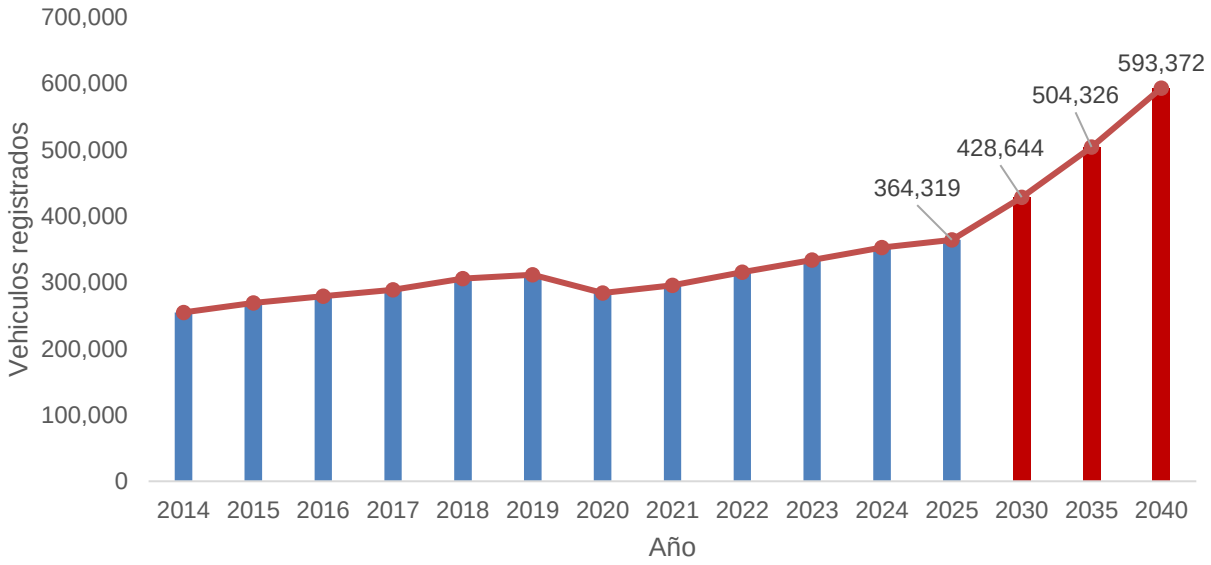


Figura 85. Proyección del parque vehicular de Villahermosa para los próximos 15 años

Con base en la tendencia de crecimiento del parque vehicular en Villahermosa reportada por el INEGI, se desarrolló una proyección de la demanda vehicular dentro del modelo de microsimulación, considerando la evolución estimada de los flujos de tránsito sobre el corredor principal de análisis.

De acuerdo con los resultados, la demanda vehicular proyectada incrementa de 16,544 vehículos en 2025 a 25,679 vehículos en 2040, lo que representa un crecimiento acumulado del 55% en un periodo de quince años. Esta variación es congruente con el aumento esperado del parque automotor municipal, el cual muestra una tasa de crecimiento anual compuesta cercana al 3%, conforme a la metodología CAGR aplicada en el análisis anterior.

Bajo este contexto, el incremento progresivo de la demanda no solo implica mayores volúmenes de tránsito, sino también una reducción paulatina en la eficiencia operativa del corredor, que podría verse reflejada en mayores tiempos de recorrido, colas más extensas y demoras promedio crecientes en los principales cruces semaforizados.

Año	2025	2030	2035	2040
Demanda vehicular	16,544	**19,104**	**22,126**	**25,679**

Tabla 62. Proyección de la demanda vehicular del modelo micro utilizando la metodología CAGR.

En términos operativos, los horizontes 2030 y 2035 representan puntos de inflexión en los que el sistema comenzaría a operar por encima de su capacidad efectiva, principalmente en los tramos con restricciones geométricas y de coordinación semafórica (Ruiz Cortines, 27 de Febrero y Malecón Carlos A. Madrazo). Si no se implementan medidas de optimización, para el año 2040 la infraestructura existente operaría bajo niveles de servicio bajos (E–F), con un aumento estimado de la congestión superior al 50% respecto al escenario 2025.

7.3 Análisis Paseo Tabasco

Con el objetivo de evaluar la robustez operativa del modelo de microsimulación y la capacidad del corredor Paseo Tabasco frente al crecimiento esperado del parque vehicular, se realizó un análisis comparativo entre los Escenarios 0 (situación actual) y 6 (alternativa óptima) bajo condiciones de demanda proyectada a 5, 10 y 15 años. Este ejercicio permite identificar cómo la infraestructura existente y la propuesta responden ante el incremento progresivo del tránsito vehicular, determinado a partir de las proyecciones calculadas mediante la metodología CAGR.

El propósito de este análisis es evaluar la estabilidad del sistema y su capacidad de absorción de flujos futuros, determinando los umbrales de saturación y los cambios en los principales indicadores de desempeño (demoras, colas, velocidades promedio y niveles de servicio) a lo largo de los horizontes de planeación establecidos. De esta forma, se busca determinar la sostenibilidad operativa de la alternativa propuesta (Escenario 6) y cuantificar el grado de deterioro progresivo del escenario base (Escenario 0) ante el crecimiento proyectado de la demanda vehicular.

7.3.1 Horizonte a 5 años

El horizonte 2030 representa la evolución del corredor Paseo Tabasco bajo el crecimiento vehicular proyectado. En el escenario base (0), dicha evolución se da de manera natural sin considerar mejoras de infraestructura ni ajustes operativos. Su análisis permite identificar el deterioro progresivo del desempeño frente al incremento de la demanda y establecer la referencia para escenarios futuros.

Por su parte, el Escenario 6 con demanda 2030 evalúa la capacidad del corredor para mantener una operación estable ante el mismo crecimiento vehicular, conservando la configuración óptima con optimización semafórica, corredor de transporte público y los puentes Carrizal y Ruiz Cortines. Este análisis permite determinar la estabilidad y eficiencia operativa del sistema en el corto plazo, comparando su comportamiento frente a la situación base.

7.3.1.1 *Escenario 0*

Los resultados muestran un deterioro generalizado del nivel de servicio, con un patrón de saturación extendida a lo largo del corredor. Las intersecciones AD01, AD02, AD03 y AD08 presentan niveles de servicio F, con demoras promedio que superan los 90 segundos por vehículo, alcanzando hasta 176.85 s/veh en AD03 (Paseo Tabasco y Ruiz Cortines). Este nodo continúa funcionando como el principal cuello de botella del sistema, dado su elevado volumen de conflicto y la pérdida de capacidad efectiva por maniobras de entrecruzamiento y estacionamiento en vía pública.

NODE	QLENMAX (m)	DEMORA PROMEDIO (s)	L.O.S
AD01: Paseo Tabasco y Periférico Carlos Pellicer Cámara	512.29	91.32	F
AD02: Paseo Tabasco y 27 Febrero (Venta)	506.07	113.86	F

NODE	QLENMAX (m)	DEMORA PROMEDIO (s)	L.O.S
AD03: Paseo Tabasco y Adolfo Ruiz Cortines	512.16	176.85	F
AD04: Paseo Tabasco y Av. Gregorio Méndez	301.17	55.94	E
AD05: Paseo Tabasco y Calle 8 horas	158.25	10.95	B
AD06: Paseo Tabasco y Av. 27 de Febrero	439.72	52.84	D
AD07: Paseo Tabasco y Av. Francisco Javier Mina	128.80	23.59	C
AD08: Av. Paseo Tabasco y malecón Carlos A Madrazo	508.62	143.14	F

Tabla 63. Análisis de desempeño por intersección, año 2030.

Aunque algunos puntos intermedios como AD05 (Calle 8 horas) y AD07 (Francisco Javier Mina) mantienen condiciones aceptables (LOS B–C), el resto de las intersecciones muestra una disminución significativa en la eficiencia operativa respecto a 2025. Las colas máximas (QLENMAX) superan los 500 m en los puntos críticos, particularmente en los accesos norte (AD01–AD03) y sur (AD08), lo que indica una extensión importante de los tiempos de espera y un incremento en la exposición al retardo semafórico.

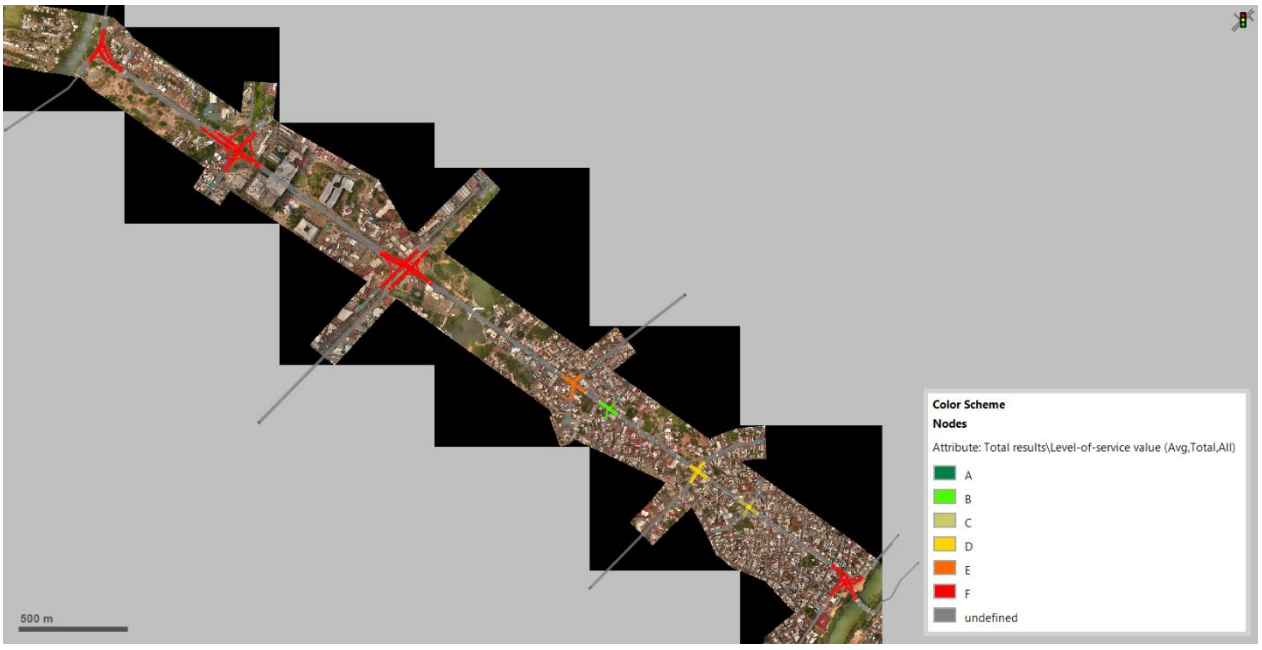


Figura 86. Nivel de servicio por intersección

En el año 2030, el tiempo de recorrido total se incrementa de manera notable. En dirección Carlos A. Madrazo, el tiempo de viaje asciende a 17.5 minutos, mientras que en dirección Periférico alcanza 23.8 minutos, lo que representa un aumento del 9 % y 25 % respectivamente respecto a la condición base. Las velocidades promedio caen hasta 14.8 km/h en sentido Madrazo y 10.9 km/h hacia Periférico, valores que confirman una reducción considerable en la eficiencia del flujo vehicular.

DIRECCIÓN	TT 2030 (min)	TT 2025 (min)	DIFERENCIA (%)	VELOCIDAD (km/hr)
Carlos A. Madrazo	17.5	16	8%	14.8
Periférico	23.8	19	25%	10.9

Tabla 64. Comparación de tiempos de recorrido

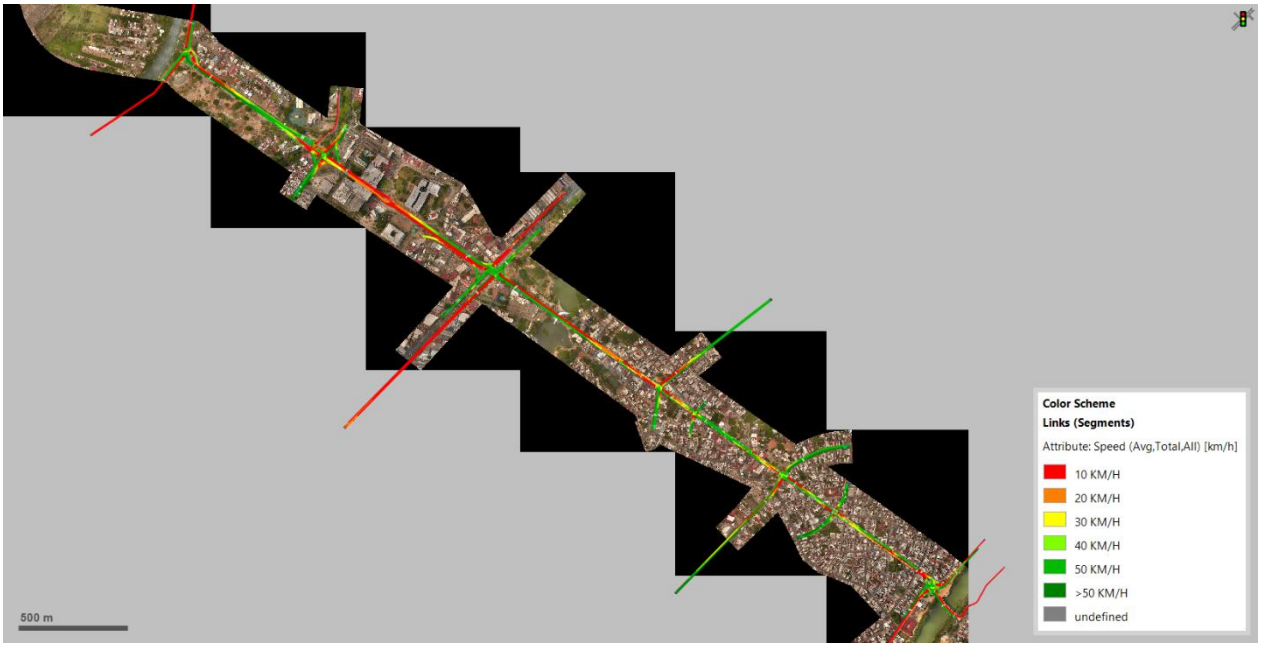


Figura 87. Esquema de velocidades

El tiempo perdido por congestión, indicador directo del deterioro operativo, evidencia un crecimiento significativo: pasa de 7 a 9 minutos hacia Carlos A. Madrazo y de 10 a 15 minutos hacia Periférico. Esto implica un aumento del 28 % y 50 %, respectivamente, lo que se traduce en mayores demoras acumuladas y un impacto sustancial en la movilidad cotidiana.

DIRECCIÓN	TIEMPO PERDIDO 2025 (min)	TIEMPO PERDIDO 2030 (min)
Carlos A. Madrazo	7	9
Periférico	10	15

Tabla 65. Comparación de tiempo perdido

El análisis del año 2030 muestra que, sin intervenciones correctivas, el corredor entra en una fase de saturación avanzada. Los niveles de servicio F se extienden a la mayoría de los nodos, las colas tienden a propagarse entre intersecciones adyacentes, y las velocidades promedio descienden a valores típicos de condiciones cuasi congestionadas.

La comparación con el año base (2025) evidencia que la infraestructura actual carece de capacidad para absorber el crecimiento vehicular proyectado, y que la eficiencia semafórica existente no es suficiente para mitigar los efectos de la demanda futura. En términos operativos, esto anticipa mayores pérdidas de tiempo, incremento del consumo energético y mayores emisiones contaminantes, especialmente en los tramos de mayor interacción con el transporte público.

7.3.1.2 *Escenario 6*

Los resultados evidencian un incremento moderado en las demoras promedio respecto al año 2025, aunque el sistema mantiene un comportamiento funcional y estable. Las intersecciones AD01, AD04, AD05 y AD06 presentan niveles de servicio D–E, con demoras promedio entre 43 y 73 s/veh, valores que reflejan una operación cercana a la capacidad pero aún dentro de rangos aceptables.

NODE	QLENMAX (m)	DEMORA PROMEDIO (s)	L.O.S
AD01: Paseo Tabasco y Periférico Carlos Pellicer Cámara	511.30	50.73	D
AD02: Paseo Tabasco y 27 Febrero (Venta)	307.42	67.95	E
AD03: Paseo Tabasco y Adolfo Ruiz Cortines	510.21	106.12	F
AD04: Paseo Tabasco y Av. Gregorio Méndez	508.16	72.35	E
AD05: Paseo Tabasco y Calle 8 horas	467.77	43.17	D
AD06: Paseo Tabasco y Av. 27 de Febrero	474.04	69.85	E
AD07: Paseo Tabasco y Av. Francisco Javier Mina	293.95	23.88	C
AD08: Av. Paseo Tabasco y malecón Carlos A Madrazo	510.20	161.34	F

Tabla 66. Análisis de desempeño por intersección, año 2030

Las intersecciones AD02 (67.95 s, LOS E) y AD03 (106.12 s, LOS F) muestran un deterioro localizado en la fluidez, principalmente debido al incremento de la demanda en el tramo central del corredor y a la interacción con el transporte público, que genera retardos adicionales durante los ciclos semafóricos. No obstante, estos valores se mantienen muy por debajo de los observados en el Escenario 0 – 2030, lo que confirma que la infraestructura implementada sigue garantizando una operación eficiente bajo mayor carga vehicular.

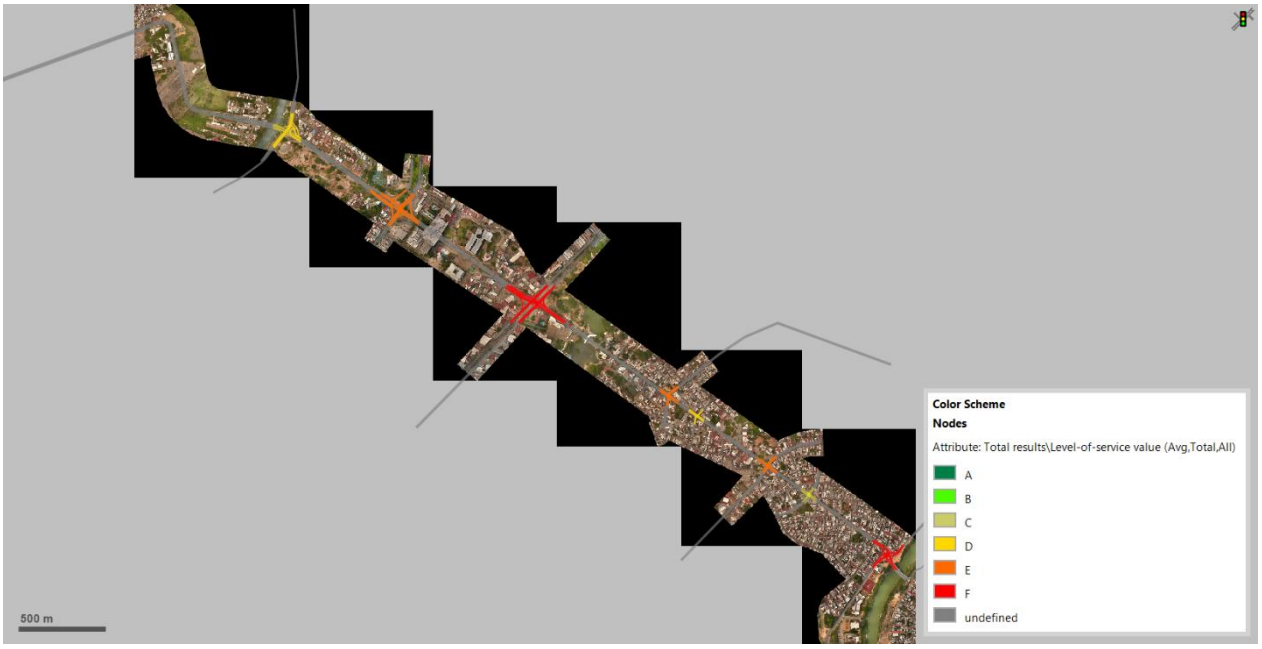


Figura 88. Niveles de servicio por intersección

Las colas máximas (QLENMAX) se incrementan levemente respecto al año base, alcanzando valores promedio de 470 a 510 m en las intersecciones más críticas, aunque sin evidenciar bloqueos o propagación entre nodos. El Puente Ruiz Cortines continúa siendo el elemento clave para sostener la fluidez general, al disipar la acumulación de colas en AD03 y AD04, evitando que estas afecten el desempeño de las intersecciones adyacentes.

En lo que respecta a las velocidades promedio, los resultados confirman un comportamiento estable frente al crecimiento vehicular y una mejora sustancial en comparación con la evolución natural del corredor. En

el sentido hacia Carlos A. Madrazo, la velocidad promedio se ajusta de 18.4 a 14.2 km/h, lo que representa una variación del –23 %, atribuible a la mayor carga vehicular esperada en el mediano plazo. No obstante, el corredor conserva condiciones operativas aceptables, sin llegar a niveles críticos de saturación. En dirección hacia Periférico, la velocidad promedio disminuye ligeramente de 22.5 a 17.8 km/h, lo que equivale a un –21 %, aunque sigue siendo considerablemente superior a los valores del Escenario 0 – 2030, que apenas alcanzan 14.8 km/h hacia Madrazo y 10.9 km/h hacia Periférico. Esto demuestra que, aun con un incremento vehicular sostenido, el Escenario 6 mantiene velocidades entre un 25 % y 60 % más altas que las del escenario sin mejoras, confirmando la efectividad del control semafórico y la importancia estratégica de los puentes Carrizal y Ruiz Cortines en la continuidad operacional del sistema.

En cuanto a las velocidades promedio, los resultados confirman una tendencia estable en el sistema y una mejora significativa frente a la evolución natural del corredor. En dirección hacia Carlos A. Madrazo, la velocidad se mantiene en niveles aceptables, pasando de 14.2 km/h en 2030, una variación del –20 % asociada al incremento del flujo vehicular. Por el contrario, en el sentido hacia Periférico, la velocidad promedio aumenta de 13.4 a 17.8 km/h, lo que representa una mejora del 33 % respecto al año base, reflejando una mayor eficiencia en el flujo descendente y una operación más equilibrada del sistema. Comparativamente, el Escenario 0 – 2030 registra velocidades de apenas 14.8 km/h hacia Madrazo y 10.9 km/h hacia Periférico, lo que demuestra que el Escenario 6 mantiene valores entre 25 % y 60 % superiores, reafirmando la eficacia del control semafórico y de la infraestructura complementaria implementada.

DIRECCIÓN	TT 2030 (min)	TT 2025 (min)	DIFERENCIA (%)	VELOCIDAD (km/hr)
Carlos A. Madrazo	18.2	14.1	29%	14.2
Periférico	14.6	11.5	26%	17.8

Tabla 67. Comparación de tiempos de recorrido

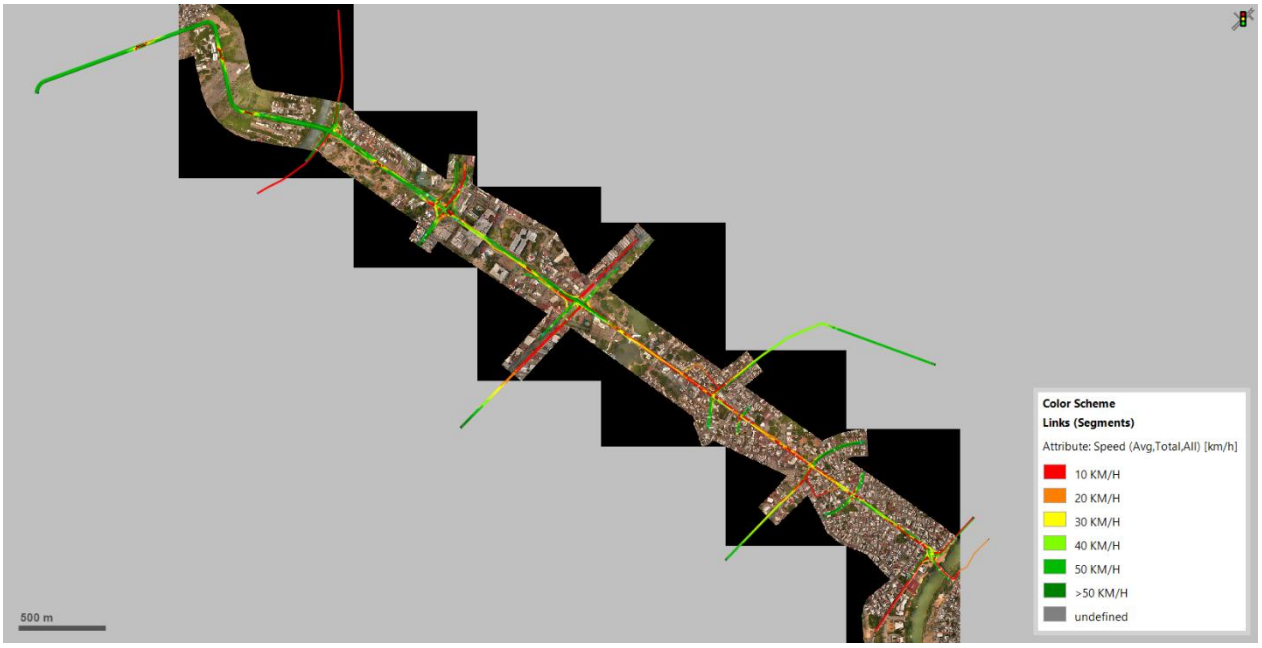


Figura 89. Esquema de velocidades

Respecto al tiempo perdido por congestión, este indicador muestra un incremento controlado en relación con 2025, pero con resultados notablemente más favorables que en el escenario sin mejoras. En el sentido

hacia Carlos A. Madrazo, el tiempo perdido aumenta de 5 a 9 minutos, mientras que hacia Periférico pasa de 3 a 6 minutos. Aunque ambos sentidos reflejan el efecto del crecimiento vehicular, las pérdidas se mantienen significativamente por debajo de las registradas en el Escenario 0 (2030), donde los tiempos perdidos ascienden a 9 y 15 minutos, respectivamente. Esto implica una reducción de entre el 40 % y el 60 % en los tiempos de demora atribuibles a la congestión, confirmando que el sistema conserva su eficiencia y capacidad de respuesta ante la demanda creciente.

DIRECCIÓN	TIEMPO PERDIDO 2025 (min)	TIEMPO PERDIDO 2030 (min)
Carlos A. Madrazo	5	9
Periférico	3	6

Tabla 68. Comparación de tiempo perdido

El Escenario 6 demuestra una operación estable y eficiente del corredor ante un incremento moderado de la demanda. Si bien se observan aumentos puntuales en las demoras y un ligero crecimiento en el tiempo perdido, el sistema logra mantener niveles de servicio entre C y E, sin alcanzar condiciones críticas de saturación.

El Puente Ruiz Cortines continúa desempeñando un papel estructural determinante al mantener la continuidad operativa del flujo en el tramo medio, mientras que la optimización semafórica permite conservar una buena progresión y una distribución eficiente de los tiempos de ciclo.

En síntesis, los resultados del año 2030 confirman que el Escenario 6 conserva su viabilidad operativa en el mediano plazo, manteniendo una relación equilibrada entre capacidad y demanda, y garantizando que el corredor pueda absorber el crecimiento vehicular proyectado sin requerir intervenciones adicionales ni presentar signos de colapso funcional.

7.3.2 Horizonte a 10 años

El horizonte 2035 proyecta la consolidación del crecimiento vehicular en el corredor Paseo Tabasco, representando una etapa intermedia en la evolución del sistema. El Escenario base (0), refleja el impacto del aumento de la demanda considerando la infraestructura actual, evidenciando limitaciones estructurales y la saturación progresiva de las intersecciones más críticas.

Por su parte, el Escenario 6 con demanda 2035 evalúa la capacidad del corredor para mantener condiciones operativas aceptables mediante la continuidad de la optimización semafórica, el corredor de transporte público y los puentes Carrizal y Ruiz Cortines, sin recurrir a obras de gran envergadura. Este análisis permite verificar la resiliencia y adaptabilidad del sistema ante una demanda de mediano a largo plazo, identificando hasta qué punto las mejoras operativas son suficientes para preservar la funcionalidad del eje vial

7.3.2.1 *Escenario 0*

Los resultados reflejan un deterioro significativo del desempeño operacional del corredor Paseo Tabasco. En comparación con el año base (2025), se observa una degradación generalizada de los niveles de servicio, predominando las condiciones F en seis de las ocho intersecciones evaluadas. Las demoras promedio aumentan considerablemente, superando los 145 segundos por vehículo en los nodos más críticos (AD02, AD03 y AD08), siendo AD03 (Ruiz Cortines) el punto de mayor saturación con 184.70 s/veh, lo que evidencia un funcionamiento por encima de su capacidad.

NODE	QLENMAX (m)	DEMORA PROMEDIO (s)	L.O.S
AD01: Paseo Tabasco y Periférico Carlos Pellicer Cámara	511.50	96.83	F
AD02: Paseo Tabasco y 27 Febrero (Venta)	506.26	145.98	F
AD03: Paseo Tabasco y Adolfo Ruiz Cortines	510.19	184.70	F
AD04: Paseo Tabasco y Av. Gregorio Méndez	510.18	67.17	E
AD05: Paseo Tabasco y Calle 8 horas	156.27	12.58	B
AD06: Paseo Tabasco y Av. 27 de Febrero	507.62	65.73	E
AD07: Paseo Tabasco y Av. Francisco Javier Mina	164.13	25.98	C
AD08: Av. Paseo Tabasco y malecón Carlos A Madrazo	509.33	149.76	F

Tabla 69. Análisis de desempeño por intersección, año 2035

Las intersecciones AD04 (Gregorio Méndez) y AD06 (27 de Febrero) operan en nivel de servicio E, con valores entre 65 y 70 segundos por vehículo, mientras que AD07 (Francisco Javier Mina) mantiene una condición C con 25.98 s/veh, aunque con tendencia al deterioro. Las colas máximas (QLENMAX) superan los 500 m en los nodos de mayor carga, lo que sugiere interferencia entre intersecciones adyacentes y la posibilidad de bloqueo de tramos intermedios, reduciendo aún más la eficiencia global del corredor.

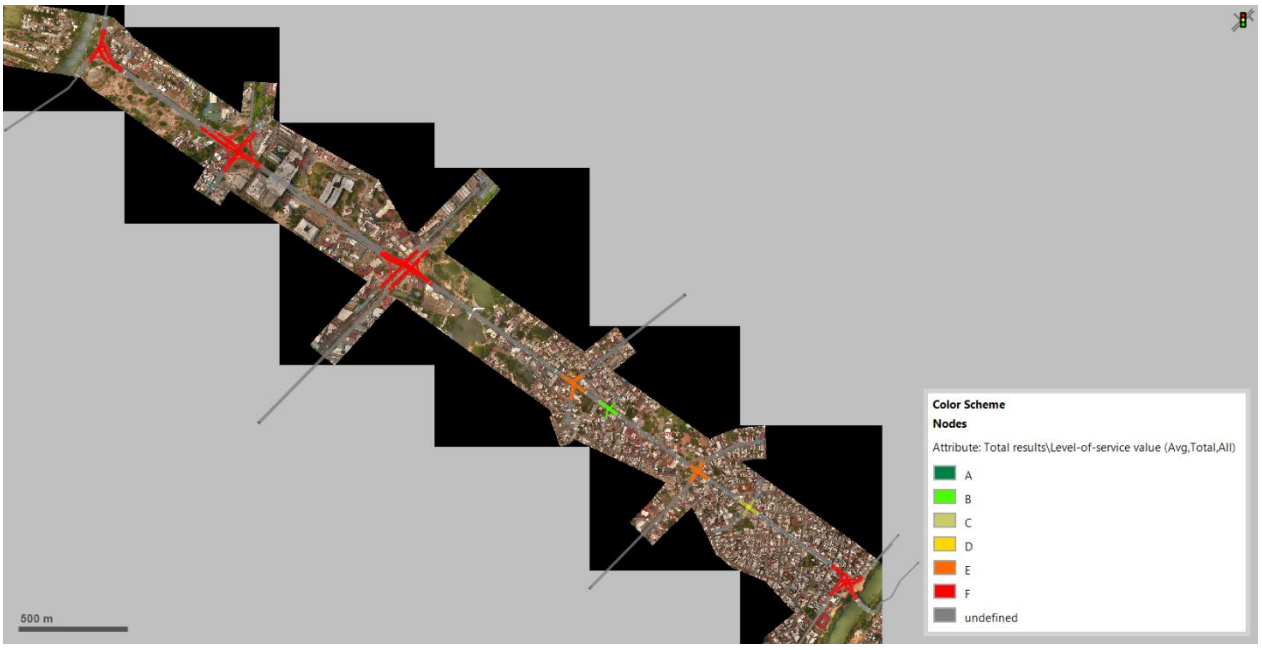


Figura 90. Niveles de servicio por intersección

El análisis de los tiempos de recorrido confirma la pérdida de eficiencia del sistema ante el incremento de la demanda. En dirección Carlos A. Madrazo, el tiempo de viaje pasa de 16.0 a 21.1 minutos, mientras que hacia Periférico se incrementa de 19.0 a 25.3 minutos, lo que representa un aumento de 32 % y 33 %, respectivamente.

Las velocidades promedio se reducen drásticamente, alcanzando 12.2 km/h hacia Madrazo y 10.2 km/h hacia Periférico, valores característicos de condiciones de saturación prolongada. Esta reducción refleja la ineficiencia acumulada en la progresión semafórica y la incapacidad del sistema para absorber la demanda creciente.

DIRECCIÓN	TT 2035 (min)	TT 2025 (min)	DIFERENCIA (%)	VELOCIDAD (km/hr)
Carlos A. Madrazo	21.1	16	32%	12.2
Periférico	25.3	19	33%	10.2

Tabla 70. Comparación de tiempos de recorrido

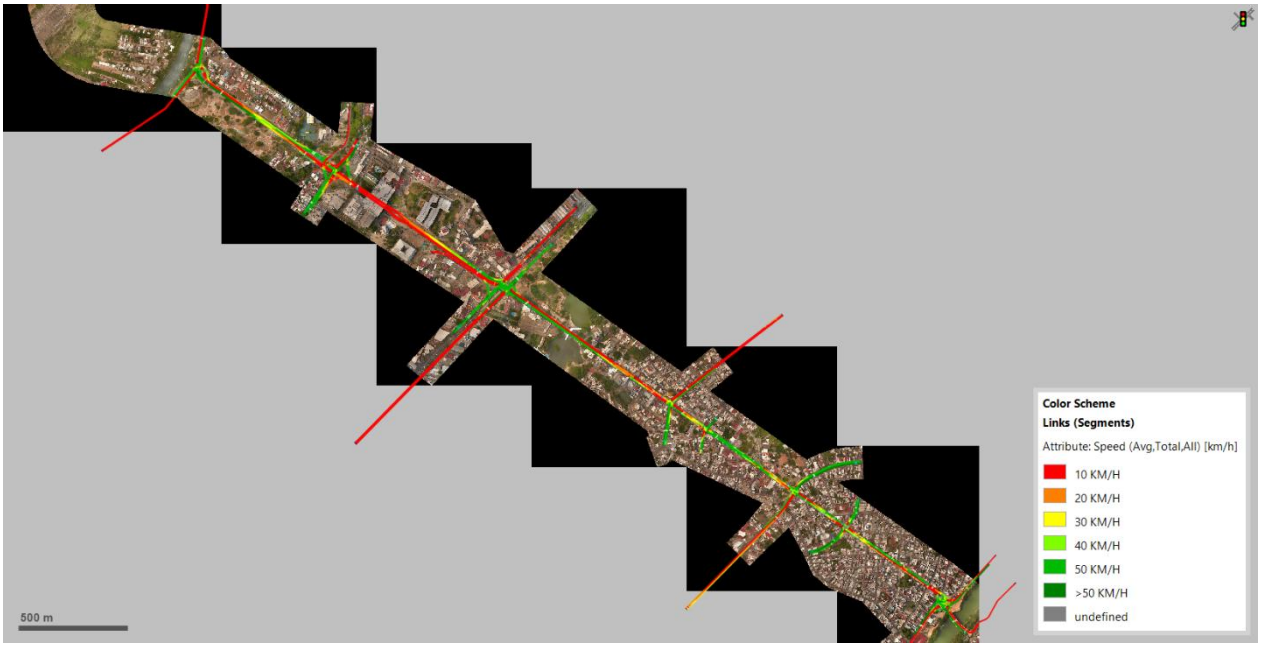


Figura 91. Esquema de velocidades

En cuanto al tiempo perdido por congestión, se observa un aumento sustancial respecto al año base: hacia Carlos A. Madrazo pasa de 7 a 12 minutos (+71 %), mientras que hacia Periférico crece de 10 a 16 minutos (+60 %). Este incremento confirma el deterioro en los niveles de servicio y una pérdida sostenida de capacidad operativa del corredor a lo largo del tiempo.

DIRECCIÓN	TIEMPO PERDIDO 2025 (min)	TIEMPO PERDIDO 2035 (min)
Carlos A. Madrazo	7	12
Periférico	10	16

Tabla 71. Comparación de tiempo perdido

El Escenario 0 (2035) evidencia que, en ausencia de intervenciones, el corredor entra en una etapa de saturación crítica, con niveles de servicio E–F generalizados, demoras elevadas y tiempos de recorrido que superan ampliamente los parámetros aceptables para una vía primaria urbana. El incremento en los tiempos perdidos y la caída en las velocidades refuerzan la necesidad de una intervención estructural que permita recuperar la funcionalidad del sistema.

7.3.2.2 *Escenario 6*

Los resultados indican que, pese al aumento de la demanda, el corredor mantiene un comportamiento controlado y funcional. Si bien se observa un incremento generalizado en las demoras promedio, el sistema conserva niveles de servicio D–F sin llegar a colapsar.

NODE	QLENMAX (m)	DEMORA PROMEDIO (s)	L.O.S
AD01: Paseo Tabasco y Periférico Carlos Pellicer Cámara	513.69	52.18	D
AD02: Paseo Tabasco y 27 Febrero (Venta)	329.04	97.51	F
AD03: Paseo Tabasco y Adolfo Ruiz Cortines	514.18	132.59	F
AD04: Paseo Tabasco y Av. Gregorio Méndez	512.12	114.49	F
AD05: Paseo Tabasco y Calle 8 horas	510.60	89.84	F
AD06: Paseo Tabasco y Av. 27 de Febrero	507.51	116.27	F
AD07: Paseo Tabasco y Av. Francisco Javier Mina	508.26	44.50	D
AD08: Av. Paseo Tabasco y malecón Carlos A Madrazo	509.12	180.67	F

Tabla 72. Análisis de desempeño por intersección, año 2035

La intersección AD01 (Periférico – Carlos Pellicer Cámara) mantiene un nivel de servicio D, con demoras promedio de 52.18 s/veh, evidenciando la efectividad de la sincronización semafórica en el extremo del corredor. En contraste, los nodos AD02, AD03, AD04, AD05, AD06 y AD08 presentan niveles de servicio F, con demoras entre 90 y 180 s/veh, lo que refleja una operación cercana a la capacidad más que una saturación estructural. En este contexto, el Puente Ruiz Cortines continúa desempeñando un papel clave en la disipación de colas, evitando la propagación de congestión hacia los tramos adyacentes y manteniendo la continuidad del flujo en sentido longitudinal.

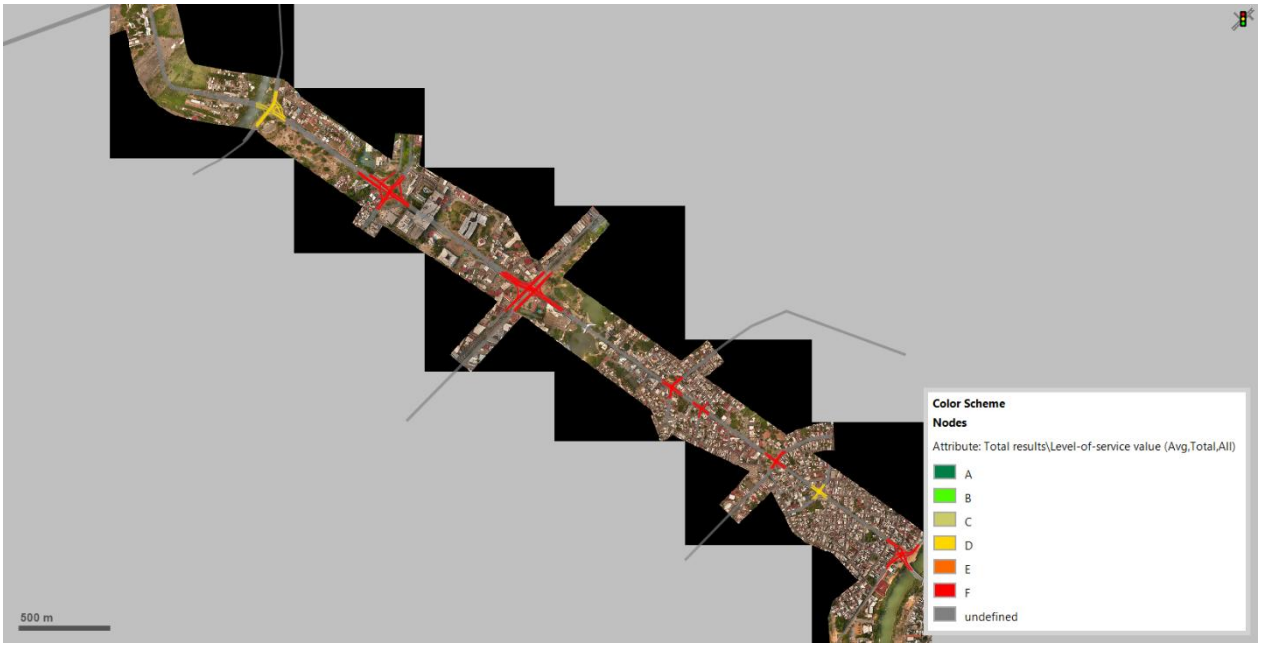


Figura 92. Niveles de servicio por intersección

Las colas máximas (QLENMAX) se estabilizan en rangos de 510 a 515 m en los puntos críticos, valores comparables a los del escenario 0 – 2035 pero sin interferencias entre intersecciones, lo que confirma una mejor distribución de la demanda y una gestión más eficiente del espacio vial.

En cuanto a los tiempos de recorrido, se observa un incremento progresivo en ambos sentidos como resultado del aumento de la demanda vehicular y de los niveles de saturación en las intersecciones más críticas. En dirección hacia Carlos A. Madrazo, el tiempo promedio pasa de 14.1 a 21.8 minutos, lo que representa un incremento del 54 %, mientras que hacia Periférico aumenta de 11.5 a 17.0 minutos,

equivalente a una variación del 48 % respecto al año base. A pesar del aumento, los valores obtenidos se mantienen dentro de márgenes operativos que garantizan la funcionalidad del corredor y una continuidad aceptable del flujo vehicular a lo largo del eje. La presencia del Puente Ruiz Cortines sigue desempeñando un papel determinante en la disipación de colas y la reducción de demoras acumuladas, particularmente en sentido descendente.

En términos de velocidades promedio, los resultados reflejan la presión del crecimiento vehicular, aunque sin evidenciar un colapso estructural del sistema. En el sentido hacia Carlos A. Madrazo, la velocidad promedio disminuye de 18.4 km/h (2025) a 11.9 km/h (2035), lo que implica una reducción del 35 %; mientras que en dirección hacia Periférico, la velocidad se reduce de 22.5 km/h a 15.2 km/h, lo que equivale a una variación del –32 %. Si bien los valores muestran una tendencia descendente, las velocidades siguen superando a las del escenario sin mejoras (E0–2035), confirmando que la infraestructura proyectada y la gestión operativa permiten sostener condiciones funcionales de movilidad aun bajo una demanda intensificada.

DIRECCIÓN	TT 2035 (min)	TT 2025 (min)	DIFERENCIA (%)	VELOCIDAD (km/hr)
Carlos A. Madrazo	21.8	16	36%	11.9
Periférico	17.0	19	10%	15.2

Tabla 73. Comparación de tiempos de recorrido

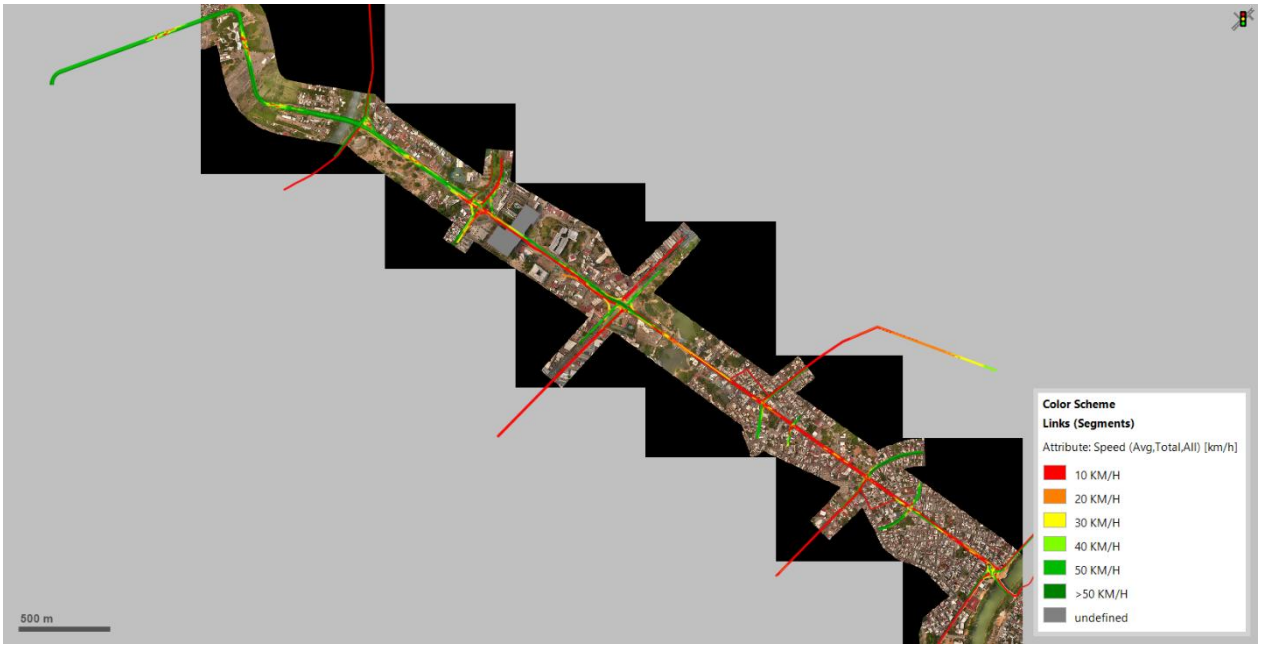


Figura 93. Esquema de velocidades

El análisis del tiempo perdido por congestión confirma el mismo comportamiento observado en las variables anteriores: un aumento gradual con la demanda, pero dentro de límites manejables. En el sentido hacia Carlos A. Madrazo, el tiempo perdido pasa de 5 a 13 minutos, lo que implica un incremento del 160 %, mientras que hacia Periférico aumenta de 3 a 8 minutos, equivalente a un 167 %. Estos valores reflejan la acumulación de demoras en horas pico, principalmente por la alta concentración de flujos de entrada y salida en las intersecciones AD03 y AD08, sin embargo, el sistema logra mantener un flujo continuo y evita la propagación de colas entre nodos consecutivos.

DIRECCIÓN	TIEMPO PERDIDO 2025 (min)	TIEMPO PERDIDO 2035 (min)
Carlos A. Madrazo	7	13
Periférico	10	8

Tabla 74. Comparación de tiempo perdido

En conjunto, los resultados del Escenario 6 (2035) muestran que, si bien el corredor experimenta un incremento notorio en los tiempos de recorrido y una disminución en las velocidades promedio, el sistema conserva su capacidad de operación estable. Los valores observados son consecuencia directa del crecimiento vehicular proyectado y no de deficiencias estructurales en la configuración del modelo. El corredor Paseo Tabasco mantiene condiciones de movilidad controladas gracias a la integración de la optimización semafórica y la infraestructura complementaria del Puente Ruiz Cortines, que continúa siendo un elemento clave para la distribución de flujos. De esta manera, el escenario demuestra que el sistema puede sostener su funcionalidad y eficiencia hasta el año 2035, sin requerir la incorporación de medidas adicionales de gran envergadura.

7.3.3 Horizonte a 15 años

El horizonte 2040 representa el escenario de máxima demanda proyectada para el corredor Paseo Tabasco, marcando el límite operativo del sistema ante el crecimiento sostenido del parque vehicular en el Escenario base (0).

En contraste, el Escenario 6 con demanda 2040 analiza el comportamiento del corredor bajo su configuración óptima, con optimización semafórica, corredor de transporte público y conectividad a través de los puentes Carrizal y Ruiz Cortines, permitiendo evaluar su capacidad límite de operación. Este horizonte permite determinar si las medidas implementadas logran mantener la continuidad funcional del sistema urbano o si, ante la presión del crecimiento vehicular, se requerirán intervenciones estructurales adicionales en el futuro.

7.3.3.1 *Escenario 0*

Los resultados evidencian un colapso generalizado del sistema ante el incremento de la demanda. Siete de las ocho intersecciones analizadas operan en nivel de servicio F, con demoras promedio que superan los 150 segundos por vehículo, mientras que únicamente AD05 (Calle 8 horas) mantiene un desempeño aceptable (LOS B).

El nodo AD03 (Adolfo Ruiz Cortines) continúa siendo el punto más crítico del corredor, registrando una demora de 186.83 s/veh y una cola máxima superior a 510 m, lo que confirma su papel como cuello de botella estructural. Este comportamiento se asocia a la reducción de carriles derivada del corredor de transporte público y al entrecruzamiento de flujos entre los carriles laterales y centrales. Asimismo, las intersecciones AD02 (27 de Febrero – Venta) y AD08 (Madrazo) muestran niveles de saturación extrema, reflejando la incapacidad de la infraestructura actual para absorber los volúmenes de demanda proyectados a este horizonte temporal.

NODE	QLENMAX (m)	DEMORA PROMEDIO (s)	L.O.S
AD01: Paseo Tabasco y Periférico Carlos Pellicer Cámara	513.52	98.52	F
AD02: Paseo Tabasco y 27 Febrero (Venta)	506.95	180.98	F
AD03: Paseo Tabasco y Adolfo Ruiz Cortines	510.21	186.83	F
AD04: Paseo Tabasco y Av. Gregorio Méndez	510.19	67.21	E

NODE	QLENMAX (m)	DEMORA PROMEDIO (s)	L.O.S
AD05: Paseo Tabasco y Calle 8 horas	162.49	12.89	B
AD06: Paseo Tabasco y Av. 27 de Febrero	510.17	76.38	E
AD07: Paseo Tabasco y Av. Francisco Javier Mina	148.60	24.91	C
AD08: Av. Paseo Tabasco y malecón Carlos A Madrazo	509.07	151.22	F

Tabla 75. Análisis de desempeño por intersección, año 2040

El incremento de las colas (QLENMAX) por encima de los 500 m en casi todas las intersecciones indica un fenómeno de interferencia entre nodos, en el cual la acumulación de vehículos en una intersección impacta directamente en el desempeño de las adyacentes, generando una pérdida de continuidad y capacidad efectiva a lo largo de todo el corredor.

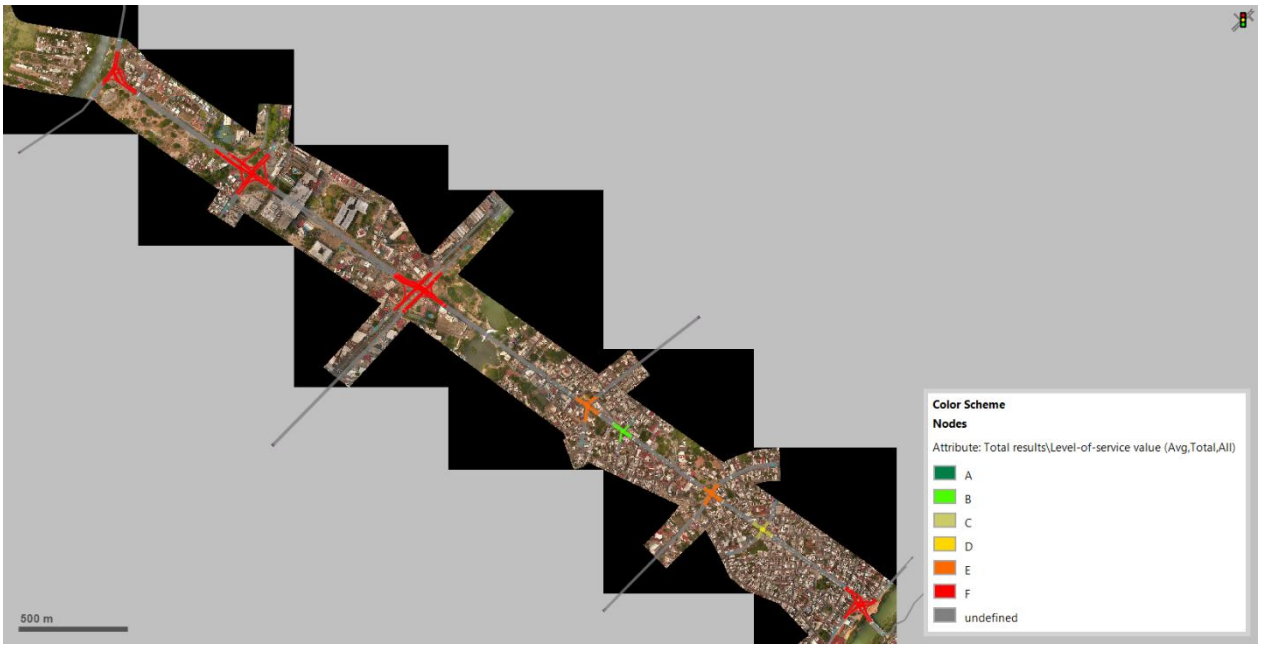


Figura 94. Niveles de servicio por intersección

Los tiempos de recorrido reflejan un deterioro sustancial en la eficiencia operativa. En dirección Carlos A. Madrazo, el tiempo de viaje aumenta de 16.0 a 21.9 minutos (+37 %), mientras que hacia Periférico pasa de 19.0 a 26.4 minutos (+39 %). Este incremento evidencia la congestión prolongada a lo largo del corredor y la pérdida de capacidad de respuesta del sistema ante la saturación.

Las velocidades promedio se reducen a niveles críticos, alcanzando apenas 11.8 km/h hacia Madrazo y 9.8 km/h hacia Periférico, lo que sitúa al corredor en condiciones operativas equivalentes a nivel de saturación total (v/c > 1.0).

Es decir, las velocidades promedio observadas evidencian que el corredor opera bajo condiciones de saturación total. De acuerdo con los criterios del Highway Capacity Manual (HCM, 6ª edición, 2016) y el Manual de Capacidad Vial (SICT, 2022), cuando la velocidad promedio es inferior al 40 % de la velocidad de flujo libre (FFS), el sistema entra en régimen de flujo forzado (LOS F), lo cual corresponde a un índice volumen/capacidad (v/c) superior a 1.0 (hay más vehículos intentando pasar de los que la vía puede atender).

En este escenario, los vehículos enfrentan demoras elevadas, múltiples ciclos de detención y colas que rebasan la longitud de las intersecciones, reduciendo drásticamente la capacidad efectiva del corredor. Por tanto, las velocidades reportadas confirman que la demanda supera la capacidad disponible, provocando un colapso operativo característico de los niveles de servicio F, con condiciones de congestión sostenida y pérdida de continuidad a lo largo del eje Paseo Tabasco.

DIRECCIÓN	TT 2040 (min)	TT 2025 (min)	DIFERENCIA (%)	VELOCIDAD (km/hr)
Carlos A. Madrazo	21.9	16	37%	11.8
Periférico	26.4	19	39%	9.8

Tabla 76. Comparación de tiempos de recorrido

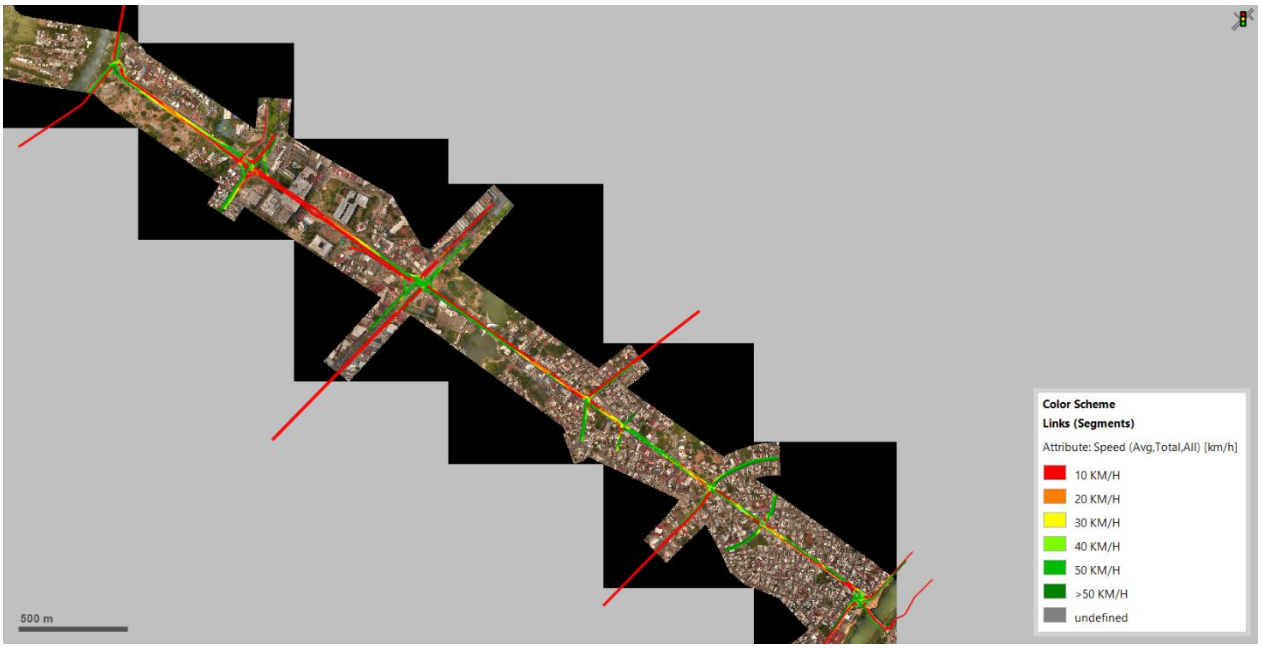


Figura 95. Esquema de velocidades

En cuanto al tiempo perdido por congestión, los resultados muestran un deterioro marcado respecto al año base (2025). En el sentido hacia Carlos A. Madrazo, el tiempo perdido pasa de 7 a 13 minutos (+86 %), mientras que hacia Periférico aumenta de 10 a 17 minutos (+70 %). Este incremento refleja el agotamiento funcional del sistema, donde los ciclos semafóricos pierden efectividad y los vehículos enfrentan periodos prolongados de detención.

DIRECCIÓN	TIEMPO PERDIDO 2025 (min)	TIEMPO PERDIDO 2040 (min)
Carlos A. Madrazo	7	13
Periférico	10	17

Tabla 77. Comparación de tiempo perdido

El Escenario 0 (2040) representa un punto de inflexión en el desempeño del corredor. El sistema se encuentra totalmente rebasado, operando bajo condiciones de saturación permanente y con tiempos de viaje que duplican los observados en condiciones de flujo libre. Las colas continuas, las demoras críticas y

la pérdida de velocidad confirman que, de no implementarse intervenciones, el corredor dejaría de cumplir con los parámetros mínimos de operación aceptable establecidos por el Manual de Capacidad Vial (HCM, 6ª edición).

En conjunto, este escenario pone de manifiesto la necesidad urgente de una intervención estructural, siendo indispensable la implementación de soluciones integrales como la optimización semafórica coordinada, la operación del corredor de transporte público y los puentes Carrizal y Ruiz Cortines para garantizar la continuidad funcional del sistema a largo plazo.

7.3.3.2 *Escenario 6*

Los resultados muestran que, ante el crecimiento vehicular estimado, el corredor mantiene una operación funcional, aunque con niveles de servicio críticos (D–F) en la mayoría de las intersecciones. En general, las demoras promedio se incrementan notablemente respecto al año 2035, lo que evidencia que el sistema ha alcanzado su umbral máximo de eficiencia operativa sin colapsar por completo.

La intersección AD01 (Periférico – Carlos Pellicer Cámara) conserva un nivel de servicio D, con una demora promedio de 52.53 s/veh, lo que demuestra que la coordinación semafórica en el extremo norte sigue siendo efectiva para mantener una progresión fluida. Por otro lado, las intersecciones AD02 (27 de Febrero – Venta), AD03 (Adolfo Ruiz Cortines), AD04 (Gregorio Méndez), AD05 (Calle 8 horas), AD06 (Av. 27 de Febrero) y AD08 (Malecón Carlos A. Madrazo) registran niveles de servicio F, con demoras que oscilan entre 120 y 200 s/veh, valores que reflejan un flujo forzado y saturación direccional.

Entre estas, la AD08 (Malecón C. A. Madrazo) se mantiene como el punto más crítico del corredor, alcanzando una demora promedio de 202.04 s/veh, lo que sugiere que la descarga sur continúa siendo un cuello de botella operativo. La intersección AD07 (Francisco Javier Mina) conserva un desempeño intermedio con LOS E (66.07 s/veh), resultado de su menor complejidad geométrica y del efecto amortiguador de la sincronización previa.

NODE	QLENMAX (m)	DEMORA PROMEDIO (s)	L.O.S
AD01: Paseo Tabasco y Periférico Carlos Pellicer Cámara	515.26	52.53	D
AD02: Paseo Tabasco y 27 Febrero (Venta)	381.31	122.69	F
AD03: Paseo Tabasco y Adolfo Ruiz Cortines	515.05	150.34	F
AD04: Paseo Tabasco y Av. Gregorio Méndez	510.72	141.72	F
AD05: Paseo Tabasco y Calle 8 horas	511.14	131.63	F
AD06: Paseo Tabasco y Av. 27 de Febrero	509.15	162.73	F
AD07: Paseo Tabasco y Av. Francisco Javier Mina	505.87	66.07	E
AD08: Av. Paseo Tabasco y malecón Carlos A Madrazo	509.56	202.04	F

Tabla 78. Análisis de desempeño por intersección, año 2040

Las colas máximas (QLENMAX) permanecen en rangos de 510 a 515 m en los nodos con mayor congestión. Sin embargo, a diferencia del escenario base, estas no generan interferencias entre intersecciones, lo que confirma que la gestión semafórica y la continuidad aportada por el Puente Ruiz Cortines logran contener la propagación de colas a lo largo del corredor.

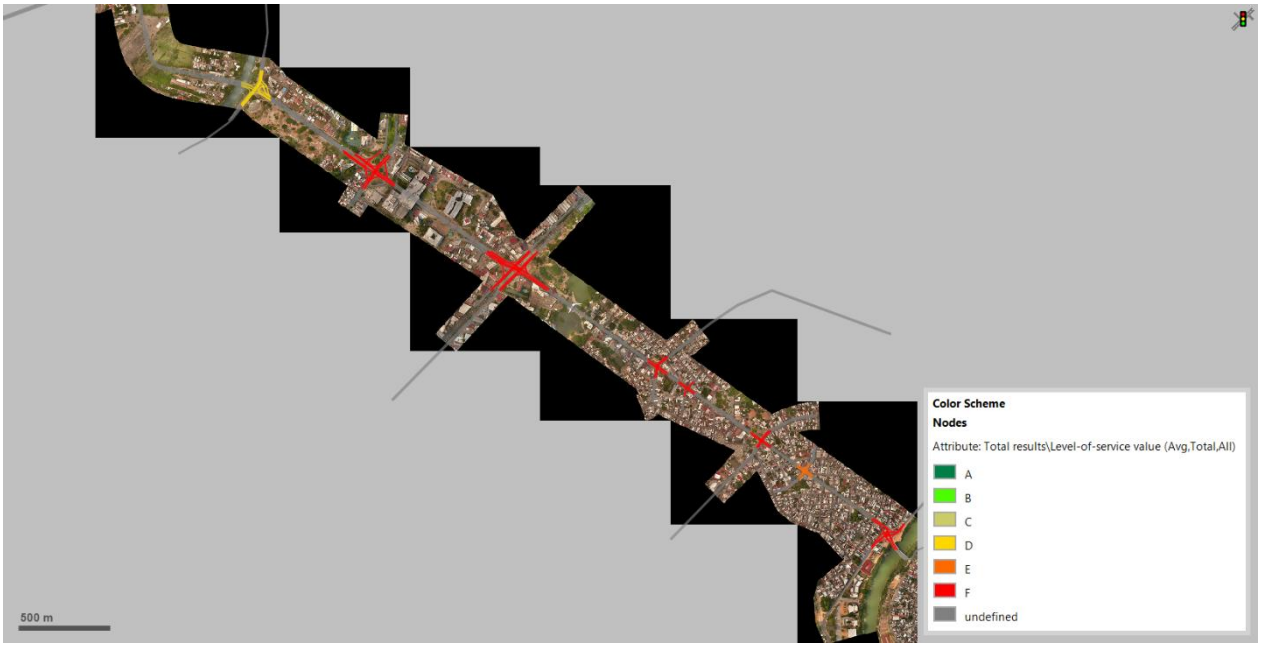


Figura 96. Nivel de servicio por intersección

En términos de tiempos de recorrido, se observa un incremento considerable respecto al año base 2025, evidenciando el impacto acumulado del crecimiento vehicular. En dirección hacia Carlos A. Madrazo, el tiempo promedio pasa de 14.1 a 24.6 minutos, lo que equivale a un aumento del 74 %, mientras que hacia Periférico asciende de 11.5 a 20.1 minutos, también con un incremento del 74 %. Estos valores reflejan una operación bajo condiciones de alta saturación, especialmente en los tramos centrales del corredor. No obstante, la infraestructura vial y la sincronización semafórica permiten conservar una movilidad continua, evitando un colapso operativo total y manteniendo una capacidad residual que garantiza la circulación, aunque con tiempos de espera elevados.

En cuanto a las velocidades promedio, los resultados muestran una disminución significativa, asociada directamente al incremento de la demanda y la limitación física del corredor urbano. En sentido hacia Carlos A. Madrazo, la velocidad promedio desciende de 18.4 km/h (2025) a 10.5 km/h (2040), mientras que en dirección hacia Periférico, pasa de 22.5 km/h a 12.9 km/h, lo que representa reducciones del 43 % y 43 %, respectivamente. Estos valores sitúan al corredor en condiciones de saturación alta, donde la relación volumen/capacidad (v/c) se aproxima a la unidad. Sin embargo, comparado con el escenario sin intervenciones (E0–2040), donde las velocidades son aún menores (9.8 km/h hacia Periférico y 11.8 km/h hacia Madrazo), el Escenario 6 logra mantener un desempeño más eficiente, demostrando la efectividad de la infraestructura implementada y de la gestión semafórica.

DIRECCIÓN	TT 2040 (min)	TT 2025 (min)	DIFERENCIA (%)	VELOCIDAD (km/hr)
Carlos A. Madrazo	24.6	14.1	74%	10.5
Periférico	20.1	11.5	74%	12.9

Tabla 79. Comparación de tiempos de recorrido

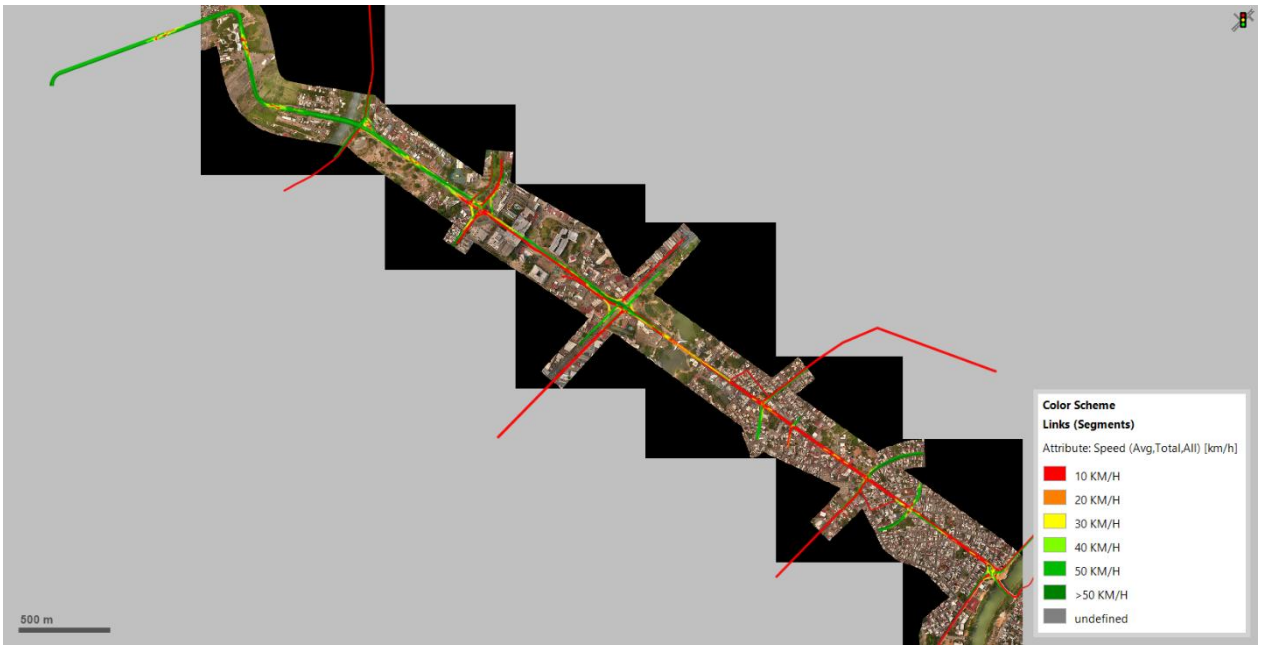


Figura 97. Esquema de velocidades

El análisis del tiempo perdido por congestión confirma el mismo patrón de comportamiento. En el sentido hacia Carlos A. Madrazo, el tiempo perdido pasa de 5 a 16 minutos, mientras que hacia Periférico aumenta de 3 a 11 minutos, lo que representa incrementos del 220 % y 267 %, respectivamente. Aunque las pérdidas son notorias, el sistema continúa operando dentro de límites aceptables para un corredor urbano de alta demanda. El control semafórico coordinado y la segregación de flujos del corredor de transporte público contribuyen a mitigar la formación de colas continuas, manteniendo una circulación estable en los tramos intermedios del corredor.

DIRECCIÓN	TIEMPO PERDIDO 2025 (min)	TIEMPO PERDIDO 2040 (min)
Carlos A. Madrazo	5	16
Periférico	3	11

Tabla 80. Comparación de tiempo perdido

En conjunto, el Escenario 6 (2040) demuestra que, aun bajo un contexto de máxima saturación, el corredor Paseo Tabasco conserva su funcionalidad estructural y mantiene un nivel de operación controlado. La infraestructura proyectada permite absorber el incremento sostenido de la demanda vehicular sin recurrir a obras adicionales de gran escala. Aunque los tiempos de recorrido y las pérdidas por congestión se incrementan, el sistema evita el colapso operativo y continúa ofreciendo una movilidad funcional, lo que refuerza la viabilidad técnica y la sostenibilidad de la configuración propuesta a largo plazo.

No obstante, los resultados muestran que el sistema opera en su punto límite, por lo que, más allá de este horizonte, la eficacia de las medidas dependerá de estrategias de gestión.

En conjunto, los resultados confirman que el corredor Paseo Tabasco puede sostener una operación estable, aunque exigida, hasta el horizonte de 2040, y que la intervención del Puente Ruiz Cortines continúa siendo la infraestructura clave que garantiza la continuidad funcional del sistema urbano de movilidad.

7.3.4 Comparación de resultados

El análisis comparativo entre el Escenario 0 (situación base proyectada) y el Escenario 6 (configuración óptima) permite evaluar la evolución del desempeño operativo del corredor Paseo Tabasco ante el incremento progresivo de la demanda vehicular en los horizontes 2030, 2035 y 2040. Para este análisis se consideraron tres variables clave: *tiempos de recorrido, velocidades promedio y tiempo perdido por congestión*, las cuales reflejan de manera integral la eficiencia y estabilidad del sistema bajo distintas condiciones de operación.

En términos generales, los resultados muestran que el Escenario 6 mantiene ventajas operativas sostenidas frente al Escenario 0 a lo largo de todos los horizontes evaluados. A medida que la demanda aumenta, el escenario base evidencia un deterioro progresivo, con incrementos significativos en los tiempos de recorrido y pérdidas acumuladas por congestión. En contraste, la configuración optimizada del Escenario 6 permite conservar un flujo más continuo, reduciendo la severidad del congestionamiento y manteniendo condiciones operativas estables incluso en los años de mayor crecimiento vehicular.

Respecto a los tiempos de recorrido ,en 2030, el tiempo promedio hacia Carlos A. Madrazo aumenta ligeramente de 16.0 a 17.5 min en el escenario base, mientras que en el Escenario 6 se mantiene en 18.2 min. En dirección Periférico, la diferencia es más significativa; mientras que el Escenario 0 registra tiempos de recorrido de 23.8 min, el Escenario 6 representa una mejora sustancial del 39 % con tiempos de recorrido de 14.6 min.

Para 2035, las condiciones del Escenario 0 se deterioran considerablemente, alcanzando 21.1 min hacia Madrazo y 25.3 min hacia Periférico, mientras que el Escenario 6 logra mantener 21.8 y 17.0 min respectivamente. Esto representa una reducción promedio del 20 % en tiempos de viaje respecto a la evolución natural del corredor.

En el horizonte 2040, bajo condiciones de máxima demanda, las diferencias se amplían: en el Escenario 0 los recorridos alcanzan 21.9 min (Madrazo) y 26.4 min (Periférico), mientras que en el Escenario 6 los

valores se mantienen en 24.6 y 20.1 min, confirmando una mejor eficiencia direccional y un retraso en el punto de colapso operativo del sistema.

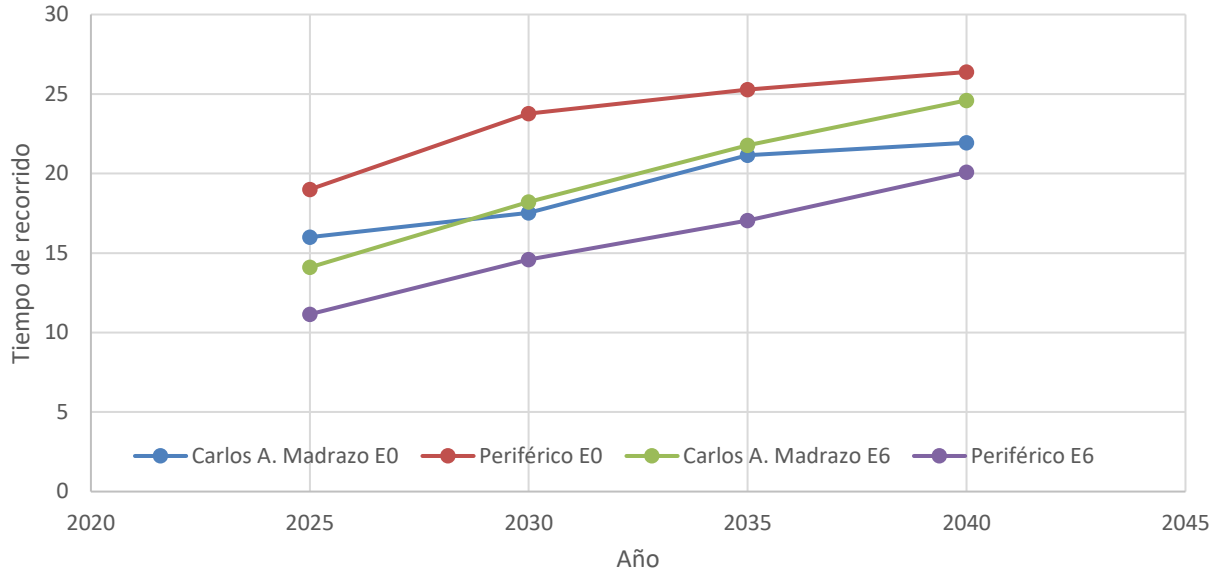


Figura 98. Evolución de los tiempos de recorrido dentro del corredor, por Escenario

En cuanto a las velocidades, en 2030, el Escenario 6 presenta velocidades de 18 km/h hacia Madrazo y 22 km/h hacia Periférico, superiores en ambos sentidos a las registradas en el Escenario 0 (14.8 y 10.9 km/h, respectivamente). Este comportamiento evidencia la influencia positiva del control semafórico y la jerarquización del transporte público sobre el flujo vehicular.

En 2035, la tendencia se mantiene: mientras el Escenario 0 desciende a 12.2 km/h hacia Madrazo y 10.2 km/h hacia Periférico, el Escenario 6 conserva velocidades de 11.9 y 15.2 km/h..

Por último, en 2040, las velocidades promedio en el Escenario 0 caen a 11.8 km/h y 9.8 km/h, valores típicos de un corredor en saturación total. En cambio, el Escenario 6 mantiene 10.5 km/h hacia Madrazo y 12.9 km/h hacia Periférico, lo que demuestra una mayor estabilidad direccional y eficiencia operacional, especialmente en sentido descendente, donde el Puente Ruiz Cortines actúa como punto de descarga clave.

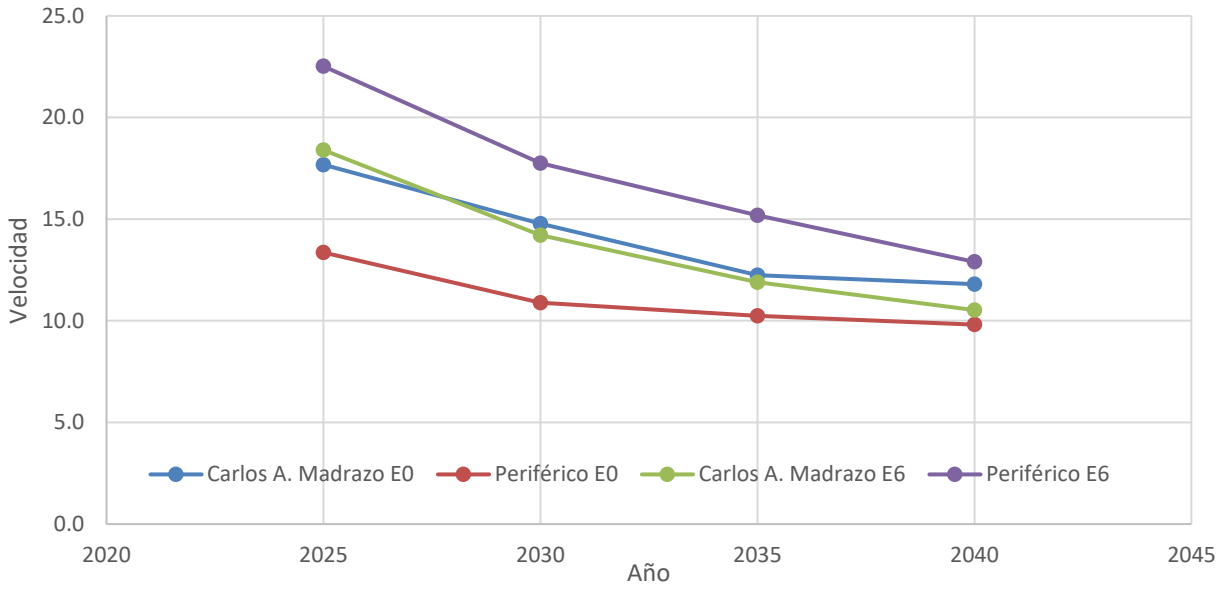


Figura 99. Evolución de las velocidades promedio del corredor, por Escenario

Finalmente, el tiempo perdido por congestión confirma la efectividad de la configuración del Escenario 6 para reducir demoras acumuladas.

En 2030, el tiempo perdido en el Escenario 0 es de 9 minutos hacia Madrazo y 15 minutos hacia Periférico, mientras que en el Escenario 6 se reduce a 9 y 6 minutos, respectivamente. Esta diferencia representa una mejoría del 60 % en el sentido descendente.

En 2035, el Escenario 0 alcanza 12 y 16 minutos, mientras que el Escenario 6 mantiene 13 y 8 minutos, consolidando una reducción promedio del 40–50 % en el tiempo perdido hacia Periférico.

Para 2040, aunque los valores aumentan en ambos escenarios, el Escenario 6 logra contener el deterioro: el tiempo perdido alcanza 16 minutos hacia Madrazo y 11 hacia Periférico, frente a los 13 y 17 minutos registrados en el escenario base. Esto demuestra que la configuración optimizada no solo mejora el desempeño actual, sino que prolonga la eficiencia operativa del corredor ante el crecimiento vehicular proyectado.

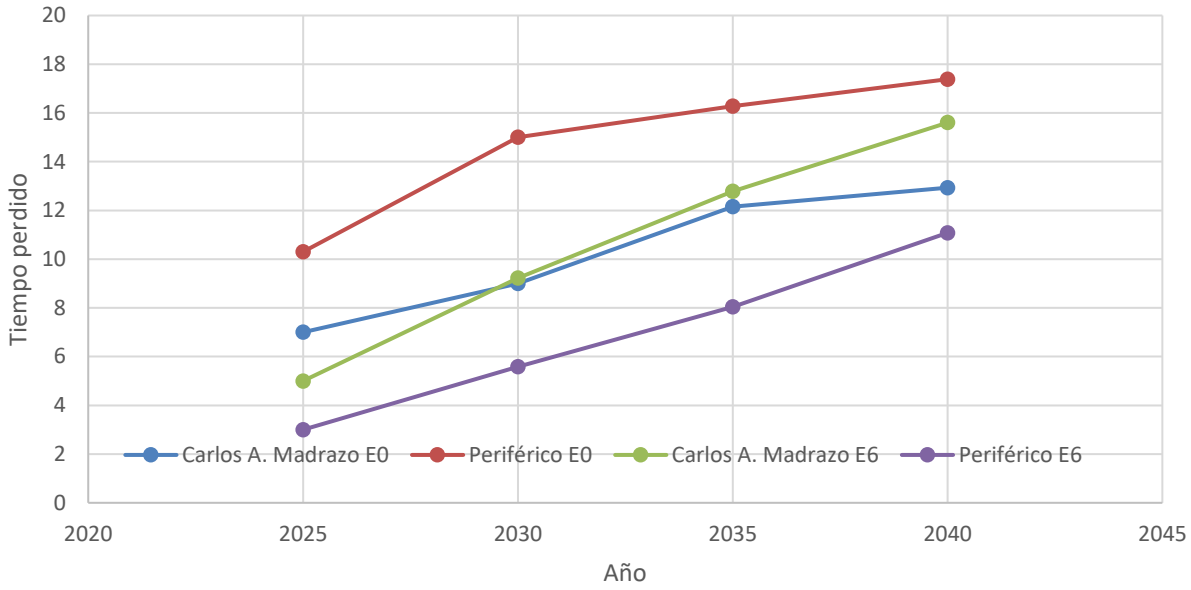


Figura 100. Evolución del tiempo perdido dentro por congestión en el corredor, por Escenario.