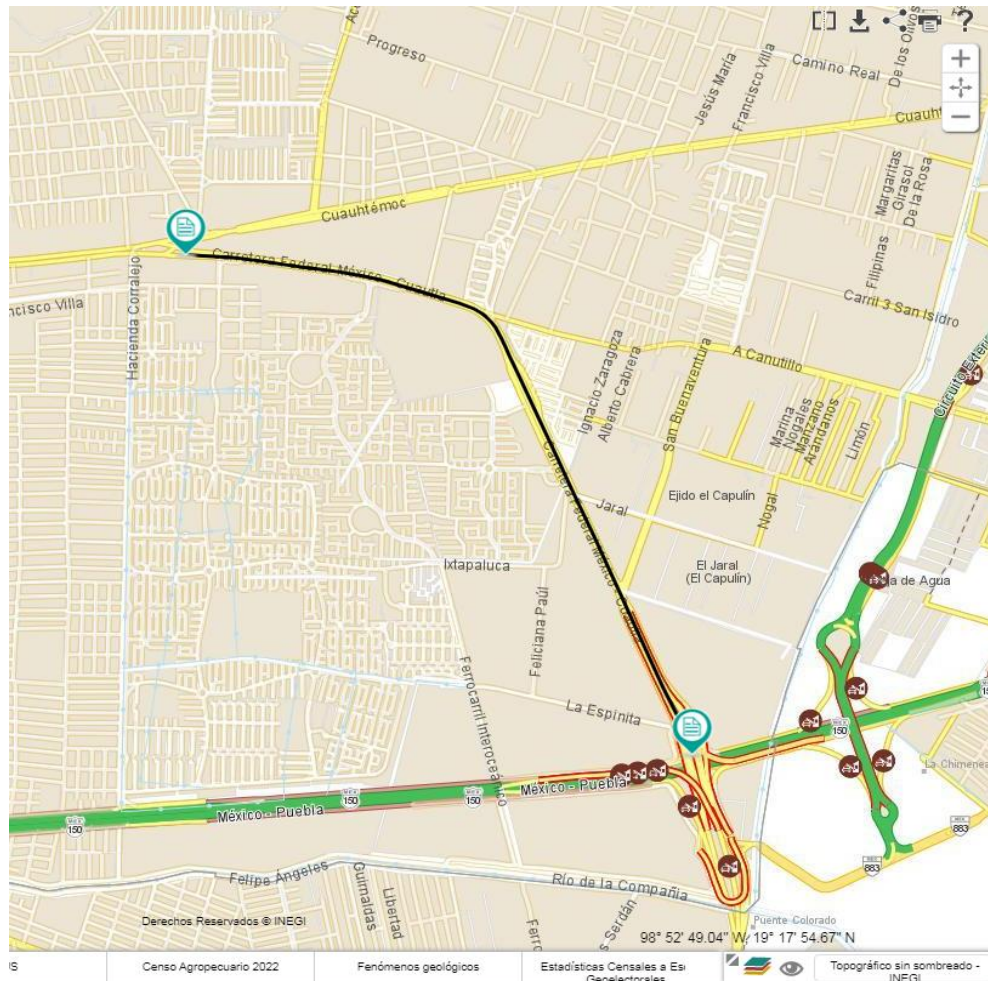




Análisis Costo-Beneficio a nivel de perfil¹

“Rehabilitación del camino No. 3527 (México - Cuautla) - Santa Bárbara - Central, en el tramo del km. 0+000 al km. 3+000, en el municipio de Ixtapaluca- PROYECTO ZONA ORIENTE”



¹ REGLAS DE OPERACIÓN DEL GASTO DE INVERSIÓN PARA EL DESARROLLO DEL ESTADO DE MÉXICO



Contenido

A.	RESUMEN EJECUTIVO	3
B.	SITUACIÓN ACTUAL	11
1.	DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL	11
2.	ANÁLISIS DE LA OFERTA O INFRAESTRUCTURA EXISTENTE	14
3.	ANÁLISIS DE LA DEMANDA ACTUAL	20
4.	DIAGNÓSTICO DE LA INTERACCIÓN DE LA OFERTA- DEMANDA A LO LARGO DEL HORIZONTE DE EVALUACIÓN.....	22
C.	SITUACIÓN SIN EL PROYECTO O PROGRAMA DE INVERSIÓN.....	27
1.	OPTIMIZACIONES.....	27
2.	ANÁLISIS DE LA OFERTA EN LA SITUACIÓN SIN PROYECTO	29
3.	ANÁLISIS DE LA DEMANDA EN LA SITUACIÓN SIN PROYECTO	31
4.	DIAGNÓSTICO DE LA INTERACCIÓN OFERTA- DEMANDA CON OPTIMIZACIONES A LO LARGO DEL HORIZONTE DE EVALUACIÓN.	37
5.	ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN	44
D.	SITUACIÓN CON PROYECTO DE INVERSIÓN	57
1.	DESCRIPCIÓN GENERAL	57
2.	ALINEACIÓN ESTRATÉGICA	64
3.	LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA	66
4.	CALENDARIO DE ACTIVIDADES.....	68
5.	MONTO TOTAL DE INVERSIÓN.....	69
6.	FINANCIAMIENTO	70
7.	CAPACIDAD INSTALADA	70
8.	METAS ANUALES Y TOTALES DE PRODUCCIÓN	72
9.	VIDA ÚTIL.....	72
10.	DESCRIPCIÓN DE LOS ASPECTOS MÁS RELEVANTES PARA DETERMINAR LA VIABILIDAD DEL PPI.....	72
11.	ANÁLISIS DE LA OFERTA A LO LARGO DEL HORIZONTE DE EVALUACIÓN.....	73
12.	ANÁLISIS DE LA DEMANDA A LO LARGO DEL HORIZONTE DE EVALUACIÓN	79
13.	DIAGNÓSTICO DE LA INTERACCIÓN DE LA OFERTA- DEMANDA A LO LARGO DEL HORIZONTE DE EVALUACIÓN.....	84
E.	EVALUACIÓN DEL PPI.....	93
1.	IDENTIFICACIÓN, CUANTIFICACIÓN Y VALORACIÓN DE LOS COSTOS DEL PPI	93
2.	IDENTIFICACIÓN, CUANTIFICACIÓN Y VALORACIÓN DE LOS BENEFICIOS DEL PPI	103
3.	CÁLCULO DE INDICADORES DE RENTABILIDAD.....	107
A.	ANÁLISIS DE RIESGOS	107
4.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	110
5.	ANEXOS	112
6.	BIBLIOGRAFÍA	112
	ANEXO 1. INDICADORES DE RENTABILIDAD Y EFICIENCIA	114



a. Resumen Ejecutivo

Nombre del PPI

"Rehabilitación del camino No. 3527 (México - Cuautla) - Santa Bárbara - Central, en el tramo del km. 0+000 al km. 3+000, en el municipio de Ixtapaluca- PROYECTO ZONA ORIENTE."²

Localización del PPI

El proyecto "Rehabilitación del camino No. 3527 (México - Cuautla) - Santa Bárbara - Central, en el tramo del km. 0+000 al km. 3+000", se desarrollará en el municipio de Ixtapaluca, en el Estado de México.

El Camino No. 3527 (México - Cuautla) - Santa Bárbara - Central, en el tramo comprendido entre el km 0+000 y el km 3+000, es una vía de jurisdicción estatal que forma parte de la "Infraestructura Vial Primaria Libre de Peaje" (según lo publicado en la Gaceta del Gobierno No. 103, del 8 de junio de 2015). Esta carretera es una vía de comunicación fundamental, ya que atraviesa gran parte de la localidad de Ixtapaluca en el municipio del mismo nombre. La intervención contempla una longitud total de 3.00 kilómetros, con el objetivo de mejorar la conectividad y la movilidad en esta importante zona.

Dentro del municipio de Ixtapaluca las localidades beneficiadas son Ixtapaluca (368,585 habitantes), El Jaral Capulín (395 habitantes), Ejido El Capulín (558 habitantes), mismas que en su totalidad cuentan con 369,538 habitantes, de acuerdo con el último censo publicado en el año 2020 por el INEGI. Los habitantes de dichas localidades son la población objetivo que se ve afectada por las malas condiciones del camino; sin embargo en la localidad de Ixtapaluca con el fin de no sobrevalorar el proyecto se consideró un radio de incidencia de aproximadamente 1.0 km desde el punto medio del camino para obtener a los habitantes beneficiados dando aproximadamente 55,288 habitantes.

Así mismo las principales localidades beneficiadas se muestran en la siguiente tabla

Tabla 1. Localidades beneficiadas con el PPI

Municipio	Localidad	Población 2020 (habitantes)
Ixtapaluca	Ixtapaluca	55,288
	Ejido el Capulín	558
	El Jaral (El Capulín)	395
Total		56,241

Fuente: Censo de Población y Vivienda 2020, INEGI

Particularmente, el tramo a intervenir del km 0+000 al km 3+000 involucra una longitud total de 3,000 m la cual se encuentra referenciada mediante las siguientes coordenadas de inicio y fin:

Tabla 2. Coordenadas del PPI
COORDENADAS.

INICIO: KM 0+000	FINAL: KM 3+000
19.311284°, -98.899537°	19.293889°, -98.881709°

² Ver Factibilidad Legal



Carpeta Asfáltica (Puente Vehicular)

INICIO: KM 2+400	FINAL: KM 3+000
19.298892°, -98.883893°	19.293889°, -98.881709°

Losas de concreto

INICIO: KM 0+000	FINAL: KM 3+000
19.311284°, -98.899537°	19.293889°, -98.881709°

Ilustración 1 Área de influencia del Proyecto



Fuente: Elaboración propia con base a los datos de INEGI, Mapa Digital de México V6 1

Monto total de inversión.

Monto sin IVA= \$138,989,503.32

Monto con IVA = \$22,238,320.53

Monto Total de Obra= **\$161,227,823.85**

Financiados mediante del Gasto De Inversión Para El Desarrollo Del Estado De México (GIDEM) 2025.

Objetivo del Proyecto.

El principal objetivo del PPI consiste en resolver la problemática que se presenta debido a las malas condiciones del pavimento del camino No. 3527 (México - Cuautla) - Santa Bárbara - Central, que ocasionan principalmente **altos costos de operación vehicular**, repercutiendo de manera directa en las velocidades de operación y los tiempos de recorrido, esto a consecuencia de la presencia de baches y grietas tipo piel de cocodrilo en la capa de rodamiento a base de carpeta asfáltica. Lo anterior provoca que los usuarios incurran en altos costos generalizados de viaje.

Aunado a las condiciones de tránsito antes descritas, se suma la problemática del transporte de pasajeros, intercambio de mercancías y víveres a la población, así como el acceso a servicios



básicos de salud, educación, vivienda etc., tanto para tránsito local, como para usuarios de largo itinerario, que ocasiona altos aforos vehiculares y saturación de las arterias viales, afectando así la calidad de vida de los habitantes de los municipios por donde atraviesa esta vialidad.

El presente estudio analiza el proyecto de infraestructura denominado Rehabilitación del camino No. 3527 (México - Cuautla) - Santa Bárbara - Central, en el tramo del km 0+000 al km 3+000, en el municipio de Ixtapaluca, con el cual se busca disminuir los costos generalizados de viaje, reduciendo principalmente los costos de operación vehicular, mejorando la eficiencia en materia de movilidad de vehículos automotores privados y suburbanos en esta zona.

En materia de mejora de la calidad de vida de la población, el proyecto contempla contribuir a la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero, así como la contribución a disminuir los efectos del calentamiento global a través del uso de una superficie de rodadura con alto albedo (medida de la reflectividad de una superficie), por lo que se busca solucionar este aspecto, con el **cambio de carpeta asfáltica a losas de concreto hidráulico**, debido a que el asfalto absorbe más calor, lo que provoca islas de calor en las metrópolis, ocasionando un alto impacto al calentamiento global. Además de tener un impacto ambiental de mejora, el hacer el cambio de material a concreto hidráulico impacta directamente en el aspecto económico, al reducir costos de mantenimiento, dado que este es más barato a diferencia del asfalto.

El objetivo principal de este proyecto es contribuir al mejoramiento de la red vial que comunica al Estado de México, mediante:

- La disminución de los altos costos generalizados de viaje (CGV's), a través de la disminución de los costos de operación vehicular
- El incremento del índice de servicio y calidad con el que se transportan personas y mercancías.
- La reducción en los tiempos de recorrido en la zona para el intercambio de personas y mercancías.

Tabla 3. Beneficios promedio del PPI

Descripción	Situación Sin Proyecto	Situación con proyecto	Beneficio
IRI (mm/m)	6	3	3
Velocidad (km/hr)	31.43	39.29	7.86
Tiempo de traslado (hr:min:seg)	00:07:29	00:05:59	00:01:30
Costos Generalizados de Viaje (CGV's)	\$985,019,659.34	\$835,479,872.61	\$149,539,786.73

Fuente: Elaboración propia.

Indirectamente teniendo como objetivos:

- Aumentar la calidad de vida de los habitantes de la región.
- Aumentar la competitividad de las comunidades de la región.
- Contribuir a la economía de los habitantes al reducir los costos de mantenimiento vehicular
- Disminuir los gases de efecto invernadero producto de las constantes paradas y derrames de aceites y combustibles derivados de las malas condiciones del camino (baches).
- Contribuir a cumplir el objetivo 13: acción por el clima de la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible



El proyecto contempla mejorar la comunicación intraurbana e interurbana en la zona del municipio de Ixtapaluca, así como su interacción con los municipios aledaños que permitan la integración del crecimiento urbano, industrial y demográfico futuro, así como el desarrollo económico y social de los municipios. Permitiendo así, cumplir con los objetivos y estrategias establecidos en el Plan Nacional de Desarrollo 2025 -2030 y el Plan Estatal de Desarrollo del Estado de México.

Problemática Identificada.

El camino No. 3527, forma parte de la red vial regional del municipio, siendo una vía de gran importancia para la región, ya que facilita la movilidad y la conectividad entre zonas urbanas, comerciales y habitacionales. Sin embargo, a pesar de su relevancia, presenta varias deficiencias que afectan su funcionamiento y seguridad.

En primer lugar, el estado físico de la vía es deficiente. El tramo km 0+000 al km 3+000 del camino No. 3527 (México - Cuautla) - Santa Bárbara - Central, cuenta con una superficie de rodamiento a base de carpeta asfáltica en mal estado contando con la presencia de deformaciones, baches superficiales y profundos, agrietamientos y/o fisuras tipo piel de cocodrilo, lo que deriva en un flujo vehicular lento e inestable, lo que genera un riesgo para los usuarios que transitan por el camino diariamente. El ancho de los carriles y los cuerpos de circulación varía considerablemente oscilando entre los 18.0 25.0 m a lo largo del trayecto, lo que provoca transiciones irregulares que afectan la fluidez del tránsito y aumentan el riesgo de accidentes. El camino opera con 2 cuerpos de circulación con 3 carriles cada uno, teniendo un Paso Superior Vehicular (PSV) a la altura del km 2+400 sobre carriles centrales, el cual también está a base de carpeta asfáltica mostrando signos de desgaste, como grietas y filtraciones, que comprometen su integridad estructural a mediano plazo.

Otro problema importante son las condiciones de infraestructura complementaria, como señalización y obras de drenaje. La señalización horizontal y vertical es insuficiente o deficiente, lo que incrementa las probabilidades de confusión y accidentes, viéndose agravándose esta situación en horario nocturno. Las banquetas y guarniciones también presentan daños, con agrietamientos y desconchaduras, dificultando la movilidad peatonal y la seguridad de los transeúntes a convertirse en zonas de riesgo. En cuanto al drenaje, aunque existen pozos y rejillas pluviales, algunos están azolvados y no cumplen adecuadamente su función, lo que puede ocasionar acumulaciones de agua, que a mediano plazo ocasiona un deterioro de la superficie de rodadura de la vía. Asimismo, en ciertos puntos del camino hay bifurcaciones y accesos a desarrollos habitacionales y zonas comerciales que carecen de señalización adecuada, canalizaciones y condiciones estructurales óptimas, generando conflictos viales y puntos de congestión.

En conjunto, estas condiciones provocan que los costos de operación vehicular aumenten, afectando las velocidades de circulación y comprometiendo la seguridad vial. La falta de señalización adecuada y el mal estado de la infraestructura generan un entorno propenso a accidentes y dificultan una movilidad eficiente. Por ello, es urgente realizar una intervención integral que permita restaurar y mejorar las condiciones del camino, garantizando una circulación segura, eficiente y acorde a las necesidades actuales del municipio y sus habitantes.

Por lo anteriormente descrito, se contempla el cambio de superficie de rodadura, sustituyendo la carpeta asfáltica deteriorada, por losas de concreto hidráulico, a efecto de contar con una superficie que **resista las cargas generadas por el flujo vehicular presente**, aunado a contribuir a



disminuir las islas de calor generadas por el uso de carpeta asfáltica, misma que cuenta con una alta absorción de luz solar, y misma que genera lluvias extraordinarias de manera puntual. Cabe mencionar que el tramo de carriles centrales del km 2+400 al km 3+000 donde se presenta el PSV se mantendrá de carpeta asfáltica, principalmente a que el pavimento flexible presenta mayor flexibilidad, que permite que el pavimento se adapte a las cargas del tráfico, a las expansiones y contracciones que estructuras como puentes y pasos vehiculares presentan a lo largo de su vida útil.

Principales características del PPI.

El proyecto “Rehabilitación del camino No. 3527 (México - Cuautla) - Santa Bárbara - Central, en el tramo del km. 0+000 al km. 3+000”, se desarrolla en el municipio de Ixtapaluca, en el Estado de México y conecta directamente con la Carretera federal México-Cuautla y la Autopista federal México-Puebla en el Municipio de Chalco.

Los principales trabajos por realizar a lo largo del camino No. 3527 (México - Cuautla) - Santa Bárbara - Central en un área de 56,756.00 m² son reconstrucción de la superficie de rodadura a través del uso de losas de concreto hidráulico de 20 cm de espesor, rehabilitación de guarniciones y banquetas con concreto hidráulico, modernización del sistema de alumbrado público con luminarias tipo LED, implementación de señalamiento horizontal y vertical, reposición de juntas de dilatación, reposición de obras de drenaje.

Para el caso del *Paso superior vehicular (PSV)* se contempla la rehabilitación de 12,600.00 m² a través del uso de *carpeta asfáltica* como superficie de rodamiento, a efecto de *respetar las cargas muertas con las que fueron diseñados los PSV's* y evitar fallas futuras en los elementos estructurales.

Debido a que existen dos ti

Horizonte de Evaluación

El horizonte de evaluación de la “Rehabilitación del camino No. 3527 (México - Cuautla) - Santa Bárbara - Central, en el tramo del km. 0+000 al km. 3+000, en el municipio de Ixtapaluca- PROYECTO ZONA ORIENTE” contempla 4 meses de ejecución y 30 años de vida útil.

Principales Costos del PPI

Los costos del proyecto corresponden a todos los trabajos de obra relacionados a la Rehabilitación del camino No. 3527 (México - Cuautla) - Santa Bárbara - Central, en el tramo del km. 0+000 al km. 3+000, con el objeto de atender a los usuarios a través de un buen servicio:

1. Costos de Inversión:

Se planea que los recursos provendrán del Gasto De Inversión Para El Desarrollo Del Estado De México (GIDEM) 2025.



Tabla 4. Costos de Inversión

Componentes/Rubros	Costo Unitario	Cantidad	Unidad de Medida	Monto total (sin IVA)
Cortes	\$381.02	18,729.48	m3	\$7,136,306.47
Capa Subrasante	\$46.09	11,351.20	m3	\$523,176.81
Guarniciones	\$504.11	6,375.23	m	\$3,213,817.20
Banquetas	\$452.33	8,139.00	m2	\$3,681,513.87
Demoliciones	\$934.28	1,302.24	m3	\$1,216,656.79
Reposición de marco y rejilla de polietileno para coladera de banquetta	\$3,650.56	120.00	Pza	\$438,067.20
Reposición de marco y rejilla de polietileno para coladera de piso	\$3,850.56	32.00	Pza	\$123,217.92
Reposición de brocal y tapa de polietileno para pozo de visita	\$4,721.52	52.00	Pza	\$245,519.04
Reposición de brocal y tapa de polietileno para pozo de fibra óptica	\$2,850.56	10.00	Pza	\$28,505.60
Capa estabilizadora	\$1,062.59	14,189.00	m3	\$15,077,089.51
Riego de Impregnación	\$35.26	12,600.00	m2	\$444,276.00
Arena para cubrir el riego de impregnación	\$645.63	75.60	m3	\$48,809.63
Carpeta asfáltica	\$5,948.13	1,512.00	m3	\$8,993,572.56
Losas de concreto hidráulico	\$6,594.32	11,351.20	m3	\$74,853,445.18
base hidráulica	\$49.30	2,520.00	m3	\$124,236.00
Riego de sello	\$76.91	12,600.00	m2	\$969,066.00
Recorte de pavimentos	\$450.29	8,322.72	m3	\$3,747,637.59
Reposición de juntas de dilatación	\$7,878.87	351.00	m	\$2,765,483.37
Marcas en el pavimento	\$29.25	1,800.00	m	\$52,650.00
Marcas en el pavimento	\$29.25	12,000.00	m	\$351,000.00
Marcas en el pavimento	\$71.29	116.00	Pza	\$8,269.64
Marcas en el pavimento	\$771.83	18.00	Pza	\$13,892.94
marcas en guarniciones	\$55.99	10,852.00	m	\$607,603.48
Señales preventivas	\$4,845.30	3.00	Pza	\$14,535.90
Señales restrictivas	\$7,592.88	5.00	Pza	\$37,964.40
Señales informativas de destino	\$7,480.09	4.00	Pza	\$29,920.36
Construcción de reductores de velocidad	\$20,929.79	21.00	Pza	\$439,525.59
Unidad de iluminación interpostal	\$24,473.39	240.00	Pza	\$5,873,613.60
Luminaria solar	\$32,849.40	240.00	Pza	\$7,883,856.00
Cartelera informativa	\$46,274.67	1.00	Pza	\$46,274.67
Subtotal de Componentes/Rubros				\$138,989,503.32
Impuesto al Valor Agregado				\$22,238,320.53
Otros Impuestos				\$0.00
Subtotal de Impuestos				\$0.00
Total				\$161,227,823.85

Fuente: Elaboración propia

2. Costos de Mantenimiento:

En la siguiente tabla se muestra el costo que comprende cada mantenimiento mencionado:



Tabla 5 Mantenimiento de alternativa A

Concreto hidráulico (vida útil: 30 años)		
MANTENIMIENTO	PERIODICIDAD	IMPORTE
Conservación rutinaria	1 año	\$5,947,500.00
Conservación periódica	3 años	\$12,587,100.00
Conservación periódica	15 años	\$20,744,200.00

Carpeta asfáltica PSV (vida útil: 20 años)		
MANTENIMIENTO	PERIODICIDAD	IMPORTE
Conservación rutinaria	1 año	\$1,353,000.00
Conservación periódica	3 años	\$2,072,500.00
Conservación periódica	10 años	\$4,327,700.00

Fuente: Elaboración propia

3. Costos por molestia

Tabla 6. Costos por molestia del PPI

Costos por molestia del PPI		
Alternativa	Tiempo de ejecución	Costos por molestia
A	4 meses	\$ 252,916,821.02

Fuente: Elaboración propia

Principales Beneficios del PPI

Con la “Rehabilitación del camino No. 3527 (México - Cuautla) - Santa Bárbara - Central, en el tramo del km. 0+000 al km. 3+000, en el municipio de Ixtapaluca- PROYECTO ZONA ORIENTE” se mejoraran las condiciones de traslado en la zona de influencia, por lo que se ofrecerán ventajas principales para el usuario que consisten en:

- Disminuir costos generalizados de viaje
- Incrementar el índice de servicio y calidad con el que se transportan personas y mercancías.
- Reducir los tiempos de recorrido en la zona para el intercambio de personas y mercancías.

Además, se tendrán beneficios secundarios, mismos que consisten en:

- Aumentar la calidad de vida y el confort que perciben los habitantes de la región.
- Aumentar la competitividad de las comunidades de la región.

Indicadores de Rentabilidad

Tabla 7 Indicadores de rentabilidad del proyecto

Indicador	Valor
Valor Presente Neto (VPN)	\$1,115,267,088.10
Tasa interna de retorno (TIR)	37.53%
Tasa de Rentabilidad Inmediata (TRI)	36.29%

Fuente: Elaboración propia



Riesgos Asociados al PPI

El principal riesgo es el de la disponibilidad del total de los recursos presupuestales para concluir la obra en el tiempo previsto; lo que repercutiría en un atraso en los tiempos de entrega de la obra.

Otros riesgos es el retraso en la entrega de las obras por problemas técnicos y fenómenos inflacionarios, los cuales podrían incrementar su costo y los tiempos de ejecución, teniendo como consecuencia la falta de continuidad estratégica del proyecto.

En caso de presentarse retraso en los tiempos de ejecución y entrega del proyecto por cuestiones ligadas directamente al contratista se incrementaría su costo y los tiempos de ejecución.

Conclusión: Breve conclusión del análisis, referente a la rentabilidad del PPI.

Con base al análisis realizado para obtener los indicadores de rentabilidad, se deriva que el proyecto es técnicamente rentable y factible de realizarse, ya que el Valor Presente Neto (VPN) resultó ser positivo con un valor de \$1,115,267,088.10; tanto la Tasa de Rentabilidad Inmediata (TRI) y la Tasa Interna de Retorno (TIR) son mayores al 10% en ambos casos con porcentajes del 36.29% y del 37.53% respectivamente, por lo tanto, se puede decir que es recuperable la inversión del Proyecto.

Con la ejecución de la obra se presentan mejoras significativas en cuestión de movilidad, mejorando el nivel de servicio ofrecido a los usuarios locales y de largo itinerario, al garantizar una circulación fluida y segura de los vehículos. Las mejoras en materia de infraestructura vial permitirán contar con una expansión económica que garantice el bienestar de los habitantes, a efecto de mantener la prosperidad y satisfacer las necesidades de la población. Así como, aumentar las velocidades de circulación, disminuir los tiempos de traslado y reducir los costos generalizados de viaje.



b. Situación Actual

1. Diagnóstico de la Situación Actual

El proyecto “Rehabilitación del camino No. 3527 (México - Cuautla) - Santa Bárbara - Central, en el tramo del km. 0+000 al km. 3+000, en el municipio de Ixtapaluca- PROYECTO ZONA ORIENTE” se desarrollará en el Estado de México.

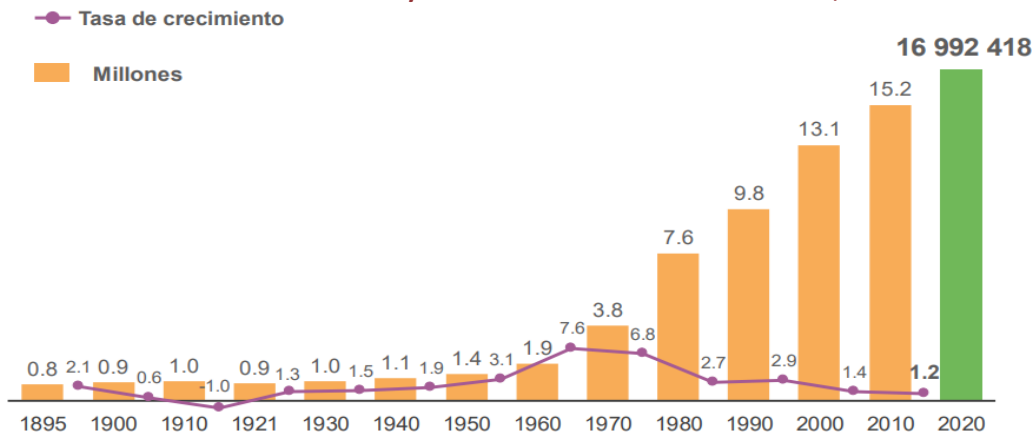
Cada día, miles de personas necesitan desplazarse hacia sus centros de estudio, trabajo o atención médica. Por ello, uno de los grandes retos es satisfacer la demanda de transporte e infraestructura urbana, incorporando banquetas, guarniciones, señalización y luminarias que garanticen la seguridad de los usuarios y faciliten el desarrollo de sus actividades cotidianas.

El transporte desempeña un papel crucial en la integración económica a nivel municipal, estatal y nacional, al facilitar la comunicación interna y externa. Por esta razón, es fundamental que los nuevos proyectos sean evaluados mediante estudios técnicos que permitan prevenir o mitigar impactos sobre los servicios públicos existentes. Además, el desarrollo económico debe enmarcarse en un enfoque de sostenibilidad, reconociendo que el crecimiento no debe lograrse a costa del deterioro ambiental ni del bienestar social. Un desarrollo verdaderamente sostenible promueve el crecimiento económico con equidad y justicia social, orientada a mejorar las condiciones de vida de la población y reducir las desigualdades.

De acuerdo con datos del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), en el Estado de México se tiene que la Tasa de Crecimiento Promedio Anual 1.2% entre los años 2010 y 2020, con una población de 16,992,418 habitantes, esta dinámica poblacional no necesariamente refleja las problemáticas de movilidad que experimenta, ya que es un paso de vehículos constante que conecta con municipios y entidades federativas del centro del país.

El Estado de México que se localiza en la zona central de la república mexicana, colinda al norte con los estados de Querétaro e Hidalgo y al sur con Guerrero y Michoacán, así como con la Ciudad de México a la que rodea al norte este y oeste se encuentra en las coordenadas, Longitud 90°53'00" Oeste, Latitud 18°21'15"Norte y Longitud 100°37'00" Oeste, Latitud 20°17'00"Norte, cuenta con una superficie de 22,357 kilómetros y ocupa el 1.09% del total de territorio en el país.

Ilustración 2 Población Total y Tasa de Crecimiento Promedio Anual, 1895-2020



Fuente: https://www.inegi.org.mx/contenidos/programas/ccpv/2020/doc/cpv2020_pres_res_mex.pdf



Ubicado en el Estado de México Ixtapaluca es uno de los 125 municipios que conforman la entidad. Su cabecera municipal es Ixtapaluca y es parte de la Zona I Oriente, Región II Ixtapaluca. Se ubica en la zona oriente del mismo y es parte de la Zona metropolitana del Valle de México. Colinda al norte con Chicoloapan y Texcoco, al sur con Chalco, al este con el estado de Puebla y al oeste con Los Reyes La Paz. La extensión territorial abarca 327,4 km². La cabecera municipal Ixtapaluca se localiza en las coordenadas geográficas 98°53'04" O de longitud y 19°18'48" N de latitud. El municipio de Ixtapaluca se encuentra a una altitud de 2,250 msnm.

De acuerdo a la del Censo General de Población y Vivienda 2020, Ixtapaluca tiene 542,211 habitantes, del total, 279,128 son mujeres, equivalente al 51.5% y 263,083 son hombres, es decir el 48.5%. Su densidad poblacional es alta: 1,704 habitantes por kilómetro cuadrado, proporción mayor al promedio estatal. A este respecto el municipio de 2010 a 2020 registró una tasa de crecimiento poblacional de +16.01%.

Tabla 8 Población total según sexo, municipio de Ixtapaluca

Año	Total	Hombres	Mujeres
2000	525,389	258,493	266,896
2010	614,453	302,297	312,156
2020	705,193	344,571	360,622

Fuente: Censo General de Población y Vivienda 2000. Censo de Población y Vivienda 2010. Censo de Población y Vivienda 2020

Basado en la información previa, se ha identificado que la región en cuestión presenta una demanda significativa por parte de los habitantes de las localidades mencionadas anteriormente. Esta demanda refleja la necesidad de mejorar la infraestructura vial para facilitar el tránsito, reducir tiempos de viaje y aumentar la seguridad en la zona. Por ello, el proyecto en cuestión representa una valiosa oportunidad de mejora que puede beneficiar tanto a los residentes como a los usuarios del camino.

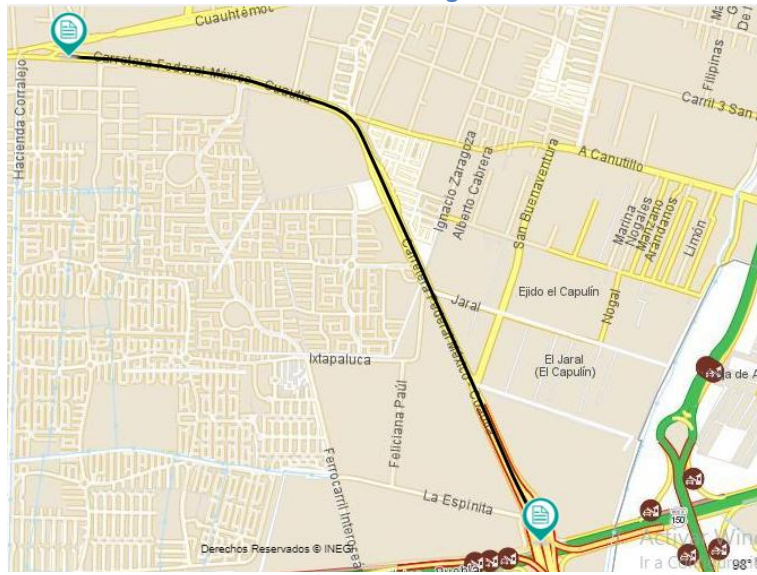
El camino número No. 3527 (México - Cuautla) - Santa Bárbara - Central, cuenta con una longitud total de esta vía es de 3.00 kilómetros, operando con 2 cuerpos de circulación de anchos variables oscilando entre 18.0 a 25.0 m, lo que permite una capacidad de tránsito adecuada para la demanda actual y futura. Cada uno de estos cuerpos dispone de tres carriles de circulación, lo que facilita el flujo vehicular en ambas direcciones y contribuye a reducir congestiones y mejorar la seguridad vial.

Además de la intervención en la superficie de vial, el proyecto contempla también la mejora de un PSV existente sobre los carriles centrales, con el fin de garantizar la integridad estructural y la seguridad de los usuarios. La intervención en el Paso Superior Vehicular es fundamental para asegurar que puedan soportar el incremento en el volumen de tránsito y prolongar su vida útil, mientras que la adecuación de las áreas laterales busca mejorar las condiciones de seguridad y facilitar el acceso a las propiedades colindantes.

Este proyecto no solo busca optimizar la infraestructura vial, sino también promover un desarrollo más ordenado y seguro en la región, beneficiando directamente a la comunidad local y a todos los que transitan por esta importante vía de comunicación.



Ilustración 3 Localización Geográfica del camino



Fuente: Elaborado con Mapa Digital de México V6.1

Actualmente, el camino se encuentra en malas condiciones, lo que provoca altos costos de operación vehicular que repercuten en altos Costos Generalizados de Viaje. Estas deficiencias son consecuencia del deterioro en la superficie de rodamiento, donde la presencia aislada de baches genera problemas como erosión, encharcamientos, aunado a la presencia de deformaciones y grietas tipo piel de cocodrilo a lo largo de todo el camino.

El camino da movilidad a las localidades de Ixtapaluca, El Jaral (Capulín), Ejido El Capulín, en el municipio de Ixtapaluca en el Estado de México, este municipio concentra vías de comunicación intermunicipal que se conectan con la carretera federal México-Cuautla en el municipio de Chalco hasta la Autopista federal México-Puebla, así como negocios industriales y centros de abasto para los mismos municipios y los municipios aledaños, así como centros escolares de todos los niveles y oficinas de servicios públicos.

En este sentido los impactos generados a la infraestructura vial de la región deben de evaluarse y en su caso mitigarse de tal manera que se eviten condiciones desfavorables en la operación del tránsito vehicular y del transporte. La infraestructura vial se considera el principal elemento de integración y conectividad regional; dicho elemento debe de operar de manera eficiente ya sea mejorando la operación vehicular o creando nueva infraestructura.

Un factor importante respecto a los desplazamientos es la migración, la cual se refiere a los desplazamientos de un grupo de personas o una población, implicando el cambio de residencia de manera temporal o permanente, se presentan entre diversas localidades, puede ser dentro del mismo territorio nacional, cambiando de un municipio a otro, entre entidades federativas o entre países.

Diariamente miles de personas tienen la necesidad de trasladarse, ya sea a sus centros educativos, de trabajo e incluso de salud, por ello, satisfacer la demanda de transporte requerido para el desarrollo de las actividades cotidianas de la población es uno de los grandes desafíos.



El deseo de mejorar sus condiciones generales del nivel de vida, originada por circunstancias sociales, económicas y culturales, son principalmente las causas por las que la población tiende a migrar.

De los datos obtenidos en Data México se conoce que en Ixtapaluca, el tiempo promedio de traslado del hogar al trabajo fue 58.6 minutos. Un 50.8% de la población tarda menos de una hora en el traslado, mientras que un 38.9% tarda más de una hora en llegar a su trabajo. Por otro lado, el tiempo promedio de traslado del hogar al lugar de estudios fue 25.1 minutos, 87.7% de la población tarda menos de una hora en el traslado, mientras que 11.3% tarda más de 1 hora.

En 2020, 40.3% de la población acostumbró caminar como principal medio de transporte al trabajo. En relación a los medios de transporte para ir al lugar de estudios, 75.9% de la población acostumbró camión, taxi, combi o colectivo como principal medio de transporte³.

El equipamiento urbano determina los desplazamientos de muchas actividades cotidianas y semanales de la población, por lo cual su ubicación estratégica es de mayor importancia para acortarlos. Especialmente importante es la movilidad desde la vivienda a los centros escolares.

Tomando en cuenta lo anterior y dado que el camino No. 3527 (México - Cuautla) - Santa Bárbara - Central es uno de los principales caminos que permiten la interrelación entre las localidades del municipio de Ixtapaluca, es de vital importancia mejorar la conectividad entre municipios como es el caso del Municipio de Chalco con el fin de contribuir al desarrollo del ordenamiento territorial de los municipios mediante la infraestructura urbana para mejorar la calidad de vida de los habitantes.

2. Análisis de la Oferta o Infraestructura existente

El camino No. 3527 (México - Cuautla) - Santa Bárbara - Central es una vialidad de gran importancia para la región, ya que funciona como una vía de comunicación fundamental para el municipio de Ixtapaluca. Esta carretera conecta la carretera federal México-Cuautla, ubicada en el municipio de Chalco, con la Autopista federal México-Puebla, facilitando así la movilidad y el transporte entre diferentes localidades y regiones cercanas. La vía opera en dos cuerpos de circulación, extendiéndose desde el kilómetro 0+000 hasta el kilómetro 3+000, atravesando la localidad de Ixtapaluca, Ejido El Capulín y El Jaral Capulín sirviendo como un eje principal para el tránsito diario de residentes, comerciantes y otros usuarios.

Tabla 9 Localidades beneficiadas con el PPI

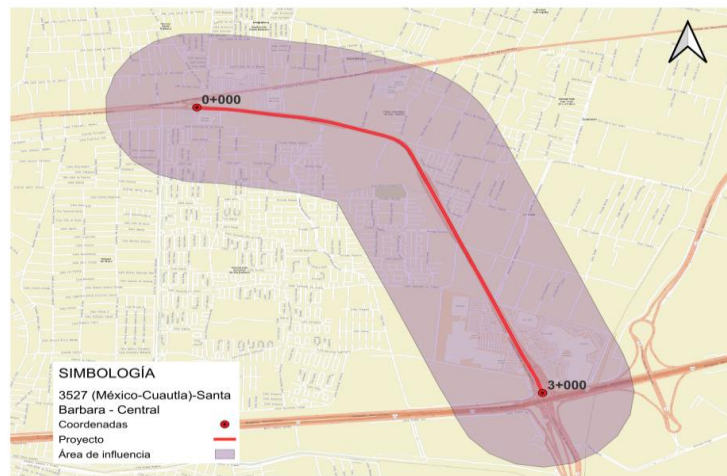
Municipio	Localidad	Población 2020 (habitantes)
Ixtapaluca	Ixtapaluca	55,288
	Ejido el Capulín	558
	El Jaral (El Capulín)	395
Total		56,241

Fuente: Censo de Población y Vivienda 2020

³ Datos obtenidos de la página de gobierno Data México:
<https://www.economia.gob.mx/datamexico/es/profile/geo/ixtapaluca>



Ilustración 4. Área de influencia del Proyecto



Fuente: Elaboración propia

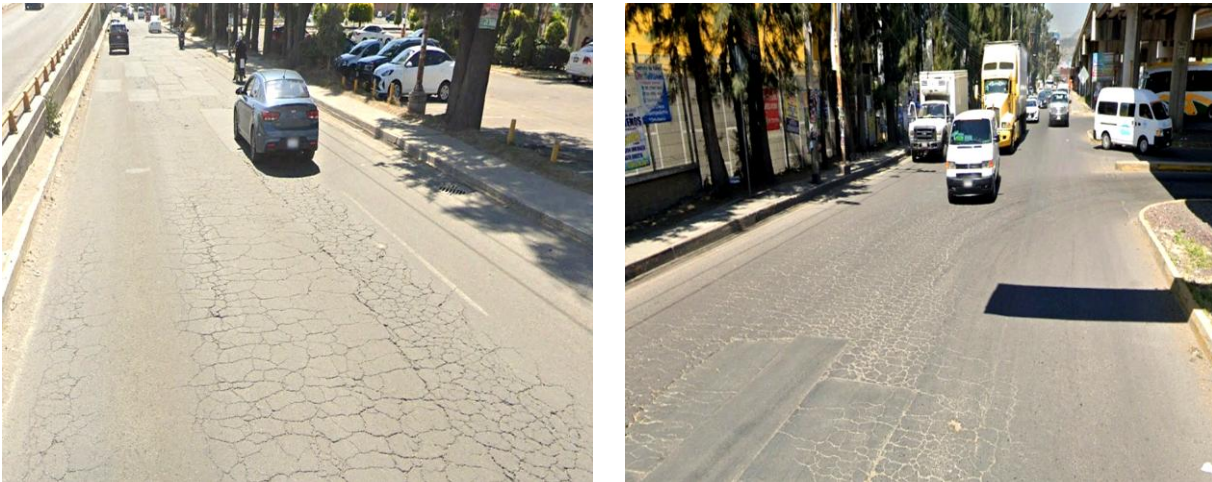
A lo largo del trayecto, los cuerpos de circulación presentan anchos variables de calzada, que en muchos casos no corresponden a un diseño continuo. En los cadenamientos del km 0+000 al km 0+180, el ancho es de 25.0 m; del km 0+200 al km 0+640, se reduce a 20.0 m; del km 0+660 al km 1+200, baja a 18.0 m; del km 1+220 al km 1+440 se incrementa ligeramente a 20.1 m, y del km 1+460 al km 3+000 regresa a un ancho constante de 18.0 m. Estas variaciones generan transiciones irregulares que afectan la seguridad y la fluidez del tránsito. Si bien en algunos tramos —km 0+000 al 0+180, km 0+200 al 0+640 y km 0+660 al 1+200— existen tres carriles por cuerpo, su delimitación es deficiente y muchas zonas presentan deformaciones, baches, pérdida de carpeta asfáltica y desgaste superficial generalizado.

En el tramo central se localiza un paso superior vehicular que permite el cruce vehicular a desnivel, con un ancho promedio de calzada de 21.0 metros, operando con dos cuerpos de circulación con 2 carriles por cada sentido. A pesar de que esta infraestructura tiene el potencial de mejorar la funcionalidad del tramo, presenta problemas de grietas en su superficie de rodadura, filtraciones y desgaste en juntas constructivas, reduciendo su vida útil y aumentando el riesgo de fallos estructurales a mediano plazo. Aunado a lo anterior el camino también presenta deficiencias en obras de drenaje presentando pozos y alcantarillas desniveladas o azolvadas, los señalamientos horizontales se encuentran dañados y vandalizados lo que impide la correcta visualización de la información, además el señalamiento horizontal se encuentran desgastado y en algunos tramos nulos, mientras que las guarniciones y banquetas se encuentran deterioradas presentando desprendimientos del concreto hidráulico, sumando la falta de modernización del alumbrado público en la zona da como resultado una vialidad con problemas de altos costos generalizados de viaje e inseguridad para los peatones que circulan por el camino.

A continuación se muestran fotografías del estado actual del camino.



Ilustración 5 Características actuales de la vialidad



Fuente: Elaborado por la Junta de Caminos del Estado de México

Se observa que la superficie de rodadura cuenta con agrietamiento severo tipo piel de cocodrilo en los carriles con carpeta asfáltica. Se alcanza a apreciar que se carece de señalamiento horizontal y poca presencia de señalamiento vertical, por lo que las probabilidades de accidentes se ven incrementadas al no canalizar de forma segura los vehículos, también se observan las banquetas y guarniciones del camino, las cuales presentan daños de agrietamiento y desconchaduras de concreto hidráulico en algunos tramos.

Ilustración 6 Estado actual del camino

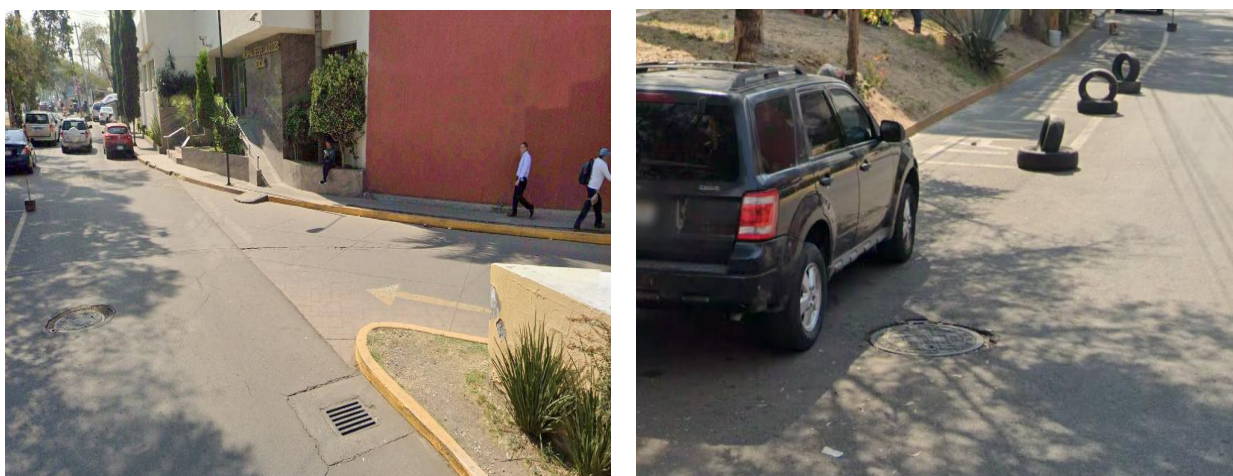


Fuente: Elaborado por la Junta de Caminos del Estado de México

Debido a las condiciones actuales se tienen altos costos de operación vehicular, que si bien no repercuten de manera considerable en las velocidades de operación, estas se ven afectadas por los movimientos bruscos de los vehículos para evitar los baches, y por ende afectan los tiempos de recorrido, incrementando los costos de viaje.



Ilustración 7. Estado actual del camino



Fuente: Elaborado por la Junta de Caminos del Estado de México

En lo que respecta a obras de drenaje, el camino cuenta con pozos de visitas y rejillas pluviales que ayudan a desalojar el agua del camino, sin embargo, algunas se encuentran azolvadas, por lo que no cumplen adecuadamente su función.

En este contexto se ha determinado la necesidad de realizar un proyecto que resuelva este problema, y ante tal situación, se contempló realizar la *Rehabilitación del camino No. 3527 (México - Cuautla) - Santa Bárbara - Central, en el tramo del km. 0+000 al km. 3+000, en el municipio de Ixtapaluca- PROYECTO ZONA ORIENTE* y de esta manera seguir dando el mejor servicio a los usuarios de este camino.

Para determinar cuál es la oferta actual, misma que está determinada por distintos factores como son, la geometría antes descrita, los movimientos direccionales existentes en el camino y las condiciones físicas, las cuales están determinadas por la operatividad del camino y como le afectan las condiciones medioambientales, teniendo así, una oferta basada en 2 tramos que representan los movimientos direccionales más representativos que existen a lo largo del camino.

El movimiento direccional para el caso en específico del camino 3527 se presenta sobre la calle Vigilantes, que es la calle principal que conecta con una de las plazas comerciales más grandes de la zona (Galerías Ixtapaluca), además de conectar también con una zona habitacional importante. Por lo que el Tramo 1 queda del km 0+000 al 0+910 y el Tramo 2 del 0+910 al 3+000.

Además de contar con estos 2 tramos obtenidos de los movimientos direccionales que se ejecutaran con concreto hidráulico, también se realizara el estudio de un subtramo perteneciente exclusivamente al Paso Superior Vehicular (PSV) del km 2+400 al km 3+000 que se realizará con carpeta asfáltica, quedando de la siguiente manera.

Tabla 10 División de tramos del PPI

TRAMOS	CADEMANIENTO	LONGITUD	MATERIAL
Tramo 1	0+000 al 0+910	910 m	Concreto hidráulico
Tramo 2	0+910 al 3+000	2,090 m	Concreto hidráulico
Subtramo (PSV)	2+400 al 3+000	600 m	Carpeta asfáltica

Fuente: elaboración propia



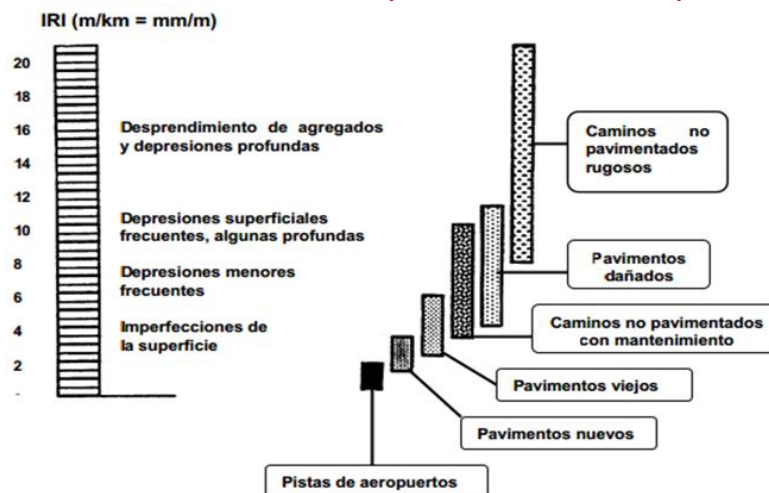
Índice de Rugosidad Internacional –IRI–.

El índice de rugosidad internacional (IRI) del área de estudio observado es de 8 mm/m. El Índice Internacional constituye una medida de la rugosidad, entendida como las deformaciones verticales de la superficie de un camino con respecto a la superficie plana, mismas que afectan la dinámica del vehículo, la calidad de viaje, las cargas dinámicas y el drenaje superficial del camino. La rugosidad es, por tanto, una característica del perfil longitudinal de la superficie recorrida y el Índice Internacional de Rugosidad puede definirse como la suma de las irregularidades verticales (en valor absoluto) a lo largo de la zona de rodadura de un tramo homogéneo de carretera, entre la longitud de este, su unidad de medida es m/km o mm/m. En la siguiente figura se muestra la escala de dicho índice con una breve descripción del estado cualitativo del pavimento correspondiente a ciertos rangos. Un método muy accesible para realizar estimaciones de la rugosidad en campo consiste en colocar manualmente una regla de 2 m ó 3 m de largo, longitudinalmente, sobre una de las huellas de camino; medir la desviación máxima bajo la regla, en mm; y repetir la operación a distancias convenientemente espaciadas. Con los datos de las mediciones, calcular las frecuencias acumuladas, y sustituir el valor del 95 percentil resultante (aquél que es mayor al 95% de las observaciones, e inferior al 5%) en la fórmula siguiente, que corresponda, para conocer el valor del IIR, en m/km:

$IRI \text{ (m/km)} = 0.35 \text{ DMR3}$; DMR3=95 percentil de las desviaciones máximas, bajo una regla de 3m de largo

$IRI \text{ (m/km)} = 0.437 \text{ DMR2}$; DMR2 = 95 percentil de las desviaciones máximas, bajo una regla de 2m de largo”⁴

Ilustración 8 Escala de valores del IRI y las características de los pavimentos



Fuente: Índice Internacional de Rugosidad en la red carretera de México, IMT

Asimismo, cuando no se cuenta con medición láser, cuarto de carro y no hay posibilidad de usar la regla de 3 metros una forma viable de hacer una estimación del IRI es en base a la observación de los daños y del estado superficial del pavimento, para que a través de la experiencia del ingeniero en lo relativo a evaluación de pavimentos se utilizara la escala anterior para asignar un IRI representativo.

⁴Costos de operación Base de los Vehículos Representativos del Transporte Interurbano 2024; José Antonio Arroyo Osorno, Roberto Aguerrebere Salido, Guillermo Torres Vargas; IMT Publicación Técnica 368.



Nivel de servicio

El análisis de la capacidad se realiza con base en el “Highway Capacity Manual 2010”, con el cual se determina el nivel de servicio y la velocidad de operación en que se encuentra una carretera. Se toma en consideración el Tránsito Diario Promedio Anual (TDPA), con su composición vehicular correspondiente y, a partir de éste, se estima el volumen horario de máxima demanda, mismo que dividido entre el “Factor horario de máxima demanda” (FHMD), constituye el insumo para obtener el volumen de servicio con que cuenta una carretera, el cual permitirá determinar el nivel de servicio y la velocidad de operación en que se encuentra operando. De esta manera el nivel de servicio es una medida para caracterizar las condiciones de operación del tránsito. Se han establecido seis niveles de servicio denominados: A, B, C, D, E y F, que van del mejor al peor. Las medidas para definir estos niveles en carreteras son: para carreteras de carriles múltiples la densidad y, para carreteras de dos carriles, la demora porcentual⁵.

Por lo anterior, el nivel de Servicio Carretero del Camino No. 3527 (México - Cuautla) - Santa Bárbara - Central, a lo largo de 3.0 km, mismos que comprenden la totalidad del camino es un tipo de servicio Tipo D.

Ilustración 9 Nivel de Servicio de carreteras

A	Corresponde a una condición de flujo libre, con volúmenes de tránsito bajos; la velocidad depende del deseo de los conductores dentro de los límites impuestos y bajo las condiciones físicas de la carretera.
B	Se considera como flujo estable, los conductores tienen una libertad razonable para elegir sus velocidades y el carril de operación.
C	El flujo es estable, los conductores perciben restricciones tanto para elegir su velocidad, como para efectuar maniobras de cambio de carril de rebase; se obtiene una velocidad de operación satisfactoria. Es deseable que este nivel de servicio sea el más desfavorable al que operen las vialidades.
D	Esta condición se aproxima al flujo inestable; la velocidad de operación aún es satisfactoria, pero resulta afectada por los cambios en las condiciones de operación. Los conductores tienen poca libertad de maniobra con la consecuente pérdida de comodidad.
E	En este nivel, los volúmenes de tránsito corresponden a la capacidad. El flujo es inestable y pueden ocurrir paradas de corta duración.
F	Corresponde a los flujos forzados, en donde los volúmenes son inferiores a los de la capacidad y las velocidades se reducen pudiendo producir paradas debido al congestionamiento.

Fuente: Estado de la capacidad y niveles de servicio en la Red Federal de Carreteras en México, abril 2023
<https://calymayor.com.mx/mx/assets/reportes/clasificacion-vias-SCT-2023.pdf>

Por lo que la oferta del camino está determinada por tres secciones donde confluyen los factores antes descritos y determinan la oferta ofrecida actualmente, la cual se describe a continuación.

⁵ Estado de la capacidad y niveles de servicio en la Red Federal de Carreteras en México, abril 2023



Tabla 11. Características físicas y geométricas del camino

Características del Camino	Situación actual		
	Tramo 1: 0+000 al 0+910	Tramo 2: 0+910 al 3+000	Subtramo (PSV): 2+400 al 3+000
Distancia total del camino (m)	910	2090	600
No. De cuerpos	2, uno por sentido de circulación	2, uno por sentido de circulación	2, uno por sentido de circulación
Ancho de cuerpo (m)	Variable con anchos desde los 18 a 25 m	Variable con anchos desde los 18 a 20.40 m	Ancho prm. De 21 m.
Superficie (m2)	18,560.00	38,196.00	12,600.00
	56,756.00		12,600.00
No. Cuerpos	2.00	2.00	2.00
No. De carriles	3 carriles por cuerpo	3 carriles por cuerpo	2 carriles por cuerpo
Pendiente Media ascendente	1.00%	1.70%	1.80%
Pendiente Media descendente	-1.40%	-2.00%	-2.00%
Altitud del terreno (msnm)	2237	2239	2242
Tipo de Terreno	Plano	Plano	Plano
Tipo de superficie de rodamiento	Carpeta asfáltica en malas condiciones	Carpeta asfáltica en malas condiciones	Carpeta asfáltica en malas condiciones
Obras de drenaje	Existentes en malas condiciones		N/A
Guarniciones y banquetas	De concreto hidráulico en malas condiciones con agrietamientos y desprendimientos		N/A
Condiciones de señalamiento horizontal	Marcas en pavimento poco visibles o inexistentes Pintura en guarniciones presentan descascaramiento y es poco visible		
Condiciones de señalamiento vertical	Existente, pero escaso		
Alumbrado público	Existente, en estado regular a malo e insuficiente.		
Índice de rugosidad (mm/m)	8	8	8
Nivel de servicio	D	D	D
Velocidad (km/h)	27.26	21.82	29.51
Tiempo de traslado (h:min:s)	00:02:00	00:05:45	00:01:13
Total (tiempo de traslado)	00:08:58		
Costos Generalizados de Viaje	\$263,535,239.61	\$755,483,386.82	\$106,431,788.96
Total(CGV's)	\$1,125,450,415.39		

Fuente: Elaboración propia con base en las características promedio obtenidas en trabajo de campo y memoria de cálculo.

3. Análisis de la Demanda Actual

La demanda la constituyen los vehículos que utilizan esta vialidad para trasladarse desde un origen a un destino.

- **Movimientos direccionales.**

Los movimientos direccionales se refieren a los análisis y estudios que se realizan para entender cómo se desplazan los vehículos (tránsito) en las carreteras. Estos análisis, a su vez, están estrechamente relacionados con el Tránsito Diario Promedio Anual (TDPA), que es una métrica clave para la gestión de la infraestructura vial.



Bajo este escenario, se analizan los movimientos direccionales representativos del camino en su horario de máxima demanda con el objeto de entender cómo los vehículos se distribuyen y se desplazan. Esta información, combinada con el TDPA, permitirá identificar las zonas con mayor demanda y priorizar las acciones de mejora. A continuación, se presenta un croquis con los movimientos direccionales representativos del camino 3527 (México - Cuautla) - Santa Bárbara - Central, en el tramo del km. 0+000 al km. 3+000, en el municipio de Ixtapaluca. (Archivo. MOVIMIENTOS DIRECCIONALES 3527).

Ilustración 10 Movimientos direccionales del PPI



Fuentes: Factibilidad de mercado: Movimientos direccionales.

Como se puede observar en la imagen y en relación con el análisis emitido por el Departamento de Transito de la Junta de Caminos del Estado de México, se encuentran un movimiento direccional con mayor afluencia, teniendo así 2 tramos a analizar, además de tener un Paso Superior Vehicular, formando un subtramo adicional a analizar. Esto nos permite planificar las actividades de mejoramiento de la superficie de rodadura.

El movimiento direccional para el caso en específico del camino 3527 se presenta sobre la calle Vigilantes, que es la calle principal que conecta con una de las plazas comerciales más grandes de la zona (Galerías Ixtapaluca), además de conectar también con una zona habitacional importante. Por lo que el Tramo 1 queda del km 0+000 al 0+910 y el Tramo 2 del 0+910 al 3+000 y el subtramo adicional de del PSV del km 2+400 al 3+000.

Transito Diario Promedio Anual.

La demanda está constituida por los vehículos que circulan por las carreteras diariamente, lo anterior se manifiesta a través del Transito Diario Promedio Anual (TDPA); el aforo vehicular es importante ya que refleja la demanda que tiene la vialidad.

Para la vialidad en estudio se cuenta con datos obtenidos en campo por el Departamento de Ingeniería de Transito de la Junta de Caminos del Estado de México los cuales arrojan la siguiente información al año 2025, en cada uno de los tramos determinados, derivado de las variaciones en



la demanda por los movimientos direccionales más representativos presentes en el camino, teniendo como resultado los siguientes datos:

Tabla 12. TDPA proyecto

Camino No. 3527 (México - Cuautla) - Santa Bárbara - Central	
Tramo	TDPA
Tramo 1: 0+000 al 0+910	39,251.00
Tramo 2: 0+910 al 3+000	43,643.00
Subtramo (PSV): 2+400 al 3+000	20,486.00
Total/Promedio	103,380.00

Fuente: Elaboración propia

Composición vehicular.

La composición vehicular para cada uno de los tramos de la vialidad en estudio es la siguiente con referencia a los datos obtenidos en campo:

Tabla 13 Composición vehicular

Camino No. 3527 (México - Cuautla) - Santa Bárbara - Central					
Tramo	TDPA	Clasificación			Total
		A	B	C	
Tramo 1: 0+000 al 0+910	39,251.00	94.45%	0.55%	5.00%	100.00%
Tramo 2: 0+910 al 3+000	43,643.00	94.73%	0.65%	4.62%	100.00%
Subtramo (PSV): 2+400 al 3+000	20,486.00	88.52%	1.38%	10.10%	100.00%
Total/Promedio	103,380.00	92.57%	0.86%	6.57%	100.00%

Fuente: Elaboración propia

Tasa de ocupación vehicular.

La tasa de ocupación vehicular señala el número de pasajeros que viajan en promedio en cada tipo de vehículo, incluyendo al chofer o conductor de la unidad.

Tabla 14 Ocupación Vehicular Promedio

A	B	C
2.0	23.0	1.0

Fuente: Publicación Técnica No. 653, IMT

<https://imt.mx/archivos/Publicaciones/PublicacionTecnica/pt653.pdf>

4. Diagnóstico de la Interacción de la Oferta- Demanda a lo largo del horizonte de evaluación

Problemática:

El desarrollo económico parte del enfoque de desarrollo sostenible y subraya que el crecimiento no debe alcanzarse a costa del deterioro de los recursos naturales y de las condiciones socioeconómicas de la población. Un proceso de desarrollo sostenible aboga por un crecimiento económico con igualdad y justicia social, que impulse el bienestar de la población. Por lo anterior son necesarias acciones para incrementar la inversión destinada a la conservación y puesta en valor del patrimonio cultural y de la infraestructura, así como para el fortalecimiento de las actividades productivas con la finalidad de que sean ofertados en puntos estratégicos.



La infraestructura para la conectividad y movilidad es primordial en el impulso de las vocaciones productivas, el crecimiento económico de las regiones y el bienestar de la población. Debido al rezago en infraestructura, así como educativa y falta de fuentes de empleo, los habitantes del municipio de Ixtapaluca se ven obligados a trasladarse a otros municipios aledaños.

El camino No. 3527 (México - Cuautla) - Santa Bárbara - Central, presenta gran importancia, es una vía de comunicación principal de la localidad de Ixtapaluca, Ejido el Capulín y el Jaral, dentro del municipio que lleva el mismo nombre, además de dar conectividad con los municipios aledaños.

El camino presenta severos problemas en su capa de rodadura consistentes en fallas de baches, erosiones, encharcamientos, deformaciones y grietas tipo piel cocodrilo presentando un IRI de 8 mm/m, además el mal estado de pozos de visita y las rejillas azolvadas provoca encharcamientos perjudicando a la carpeta asfáltica con los daños antes mencionados.

Por lo tanto, la transitabilidad de los usuarios se ve afectada debido a que se ven obligados a realizar cambios de dirección bruscos que repercuten en reducir sus velocidades y aumentar sus tiempos de traslado para llegar a su zona de destino, ya sea para servicios básicos de salud, educación, vivienda, turismo, comercio, entre otros, aunado en un aumento considerable de los costos de operación vehicular.

Estos problemas ocasionan que los costos generalizados de viaje se eleven significativamente, por lo tanto, se pretenden realizar las actividades correspondientes a la rehabilitación del camino para evitar lo antes descrito.

Velocidades promedio de operación

El estado físico y las características geométricas de una carretera tienen una influencia directa sobre la velocidad con la que circulan los vehículos en este, de tal manera que un camino en buen estado, con un bajo nivel de congestión y altas especificaciones de diseño, permite la circulación a velocidades más altas que un camino deteriorado y congestionado.

De acuerdo a los recorridos ejercidos por el Departamento de Ingeniería de Transito de la Junta de Caminos del Estado de México a lo largo del camino se obtuvieron las velocidades de recorrido para los vehículos tipo A, tipo B y tipo C con la metodología de vehículo flotante, las cuales son utilizadas para el Estudio Costo Beneficio del presente proyecto.

Método del vehículo flotante⁶

El método del vehículo flotante, consiste en cronometrar el tiempo de recorrido de cada tipo de vehículo. Los responsables del estudio de campo realizan esta medición por persecución, es decir se da seguimiento al tipo de vehículo que se está muestreando. Cuando se trate de vehículos de pasajeros, los responsables de medir los tiempos de recorrido se incorporan como usuarios en el vehículo objeto de la muestra, cronometrando los recorridos sin considerar los tiempos muertos por paradas continuas (ascenso y descenso de pasajeros, y tiempo para tomar algún refrigerio).

En las siguientes tablas, se presentan las velocidades y tiempos de recorrido de la situación actual de cada tramo del camino.

⁶ Métodos de asignación de tránsito en redes regionales de carreteras: dos alternativas de solución, IMT, Publicación Técnica No. 214



Tabla 15 Velocidades de Recorrido Situación Actual

Tramo	Velocidades (km/hr) Situación Actual			
	A	B	C	Promedio
Tramo 1: 0+000 al 0+910	29.51	27.07	25.20	27.26
Tramo 2: 0+910 al 3+000	23.44	21.62	20.39	21.82
Subtramo (PSV): 2+400 al 3+000	32.73	28.80	27.00	29.51

Fuente: Estudio de Ingeniería de Tránsito

A causa de las entradas y salidas de las diferentes calles que intersecan con el camino No. 3527 (México - Cuautla) - Santa Bárbara - Central, en el tramo del km 0+000 al km 3+000 se presentan velocidades bajas, influenciadas por los retornos que se encuentran sobre el camino, los reductores de velocidad y las intersecciones semaforizadas, afectando directamente los tiempos de recorrido.

Tabla 16 Tiempos de Recorrido Situación Actual

Tramo	Tiempos Recorridos Situación Actual				Promedio
	Longitud (KM)	A	B	C	
Tramo 1: 0+000 al 0+910	0.91	00:01:51	00:02:01	00:02:10	00:02:00
Tramo 1: 0+000 al 0+910	2.09	00:05:21	00:05:48	00:06:09	00:05:45
Subtramo (PSV): 2+400 al 3+000	0.60	00:01:06	00:01:15	00:01:20	00:01:13
Total		00:08:18	00:09:04	00:09:39	00:08:58

Fuente: Estudio de Ingeniería de Tránsito

Costos de Operación vehicular (Situación Actual)

Los costos de operación vehicular se miden en términos monetarios. Para su cálculo se incluye el costo de combustibles y lubricantes, desgaste de llantas y elementos de frenado, deterioro del sistema de suspensión y de embrague, así como los costos de refacciones, mantenimiento y depreciación del vehículo. El COV es sensible a las características geométricas del camino, tales como pendientes, grados de curvatura, IRI y altitud sobre el nivel del mar.

Para obtención de los COV del presente proyecto se hará uso de los valores reportados por el Instituto Mexicano del Transporte (IMT) en su publicación Técnica No. 838, 2024, así como las características técnicas de los vehículos que operan en México y de las características representativas de las carreteras en México para los diferentes tipos de terreno: plano, lomerío y montañoso⁷.

A continuación se presentan los datos que se tomaron en cuenta de la Nota Técnica No. No. 838, 2024 para el análisis y cálculo de los Costos de Operación Vehicular, de acuerdo a la variación del IRI y tipo de terreno del proyecto, para este caso es Plano.

⁷ Costos de operación base de los vehículos representativos del transporte interurbano 2024, IMT



Tabla 17. Costos de Operación Vehicular

Tramo	Costos de Operación Vehicular ((\$/km)/vehículo)			
	IRI (mm/m)	Situación Actual		
		A	B	C
Tramo 1: 0+000 al 0+910	8	\$ 8.94	\$ 22.40	\$ 15.78
Tramo 1: 0+000 al 0+910	8	\$ 8.94	\$ 22.40	\$ 15.78
Subtramo (PSV): 2+400 al 3+000	8	\$ 8.94	\$ 22.40	\$ 15.78

Fuente: Costos de operación base de los vehículos representativos del transporte interurbano 2024

Anexo. Factibilidad de mercado

Costo del Tiempo de Recorrido (CRT).

El CTR representa el valor, en términos monetarios, del tiempo de viaje de las personas que viajan en cada tipo de vehículo. Está dado por el valor unitario del tiempo de las personas (peso/hora) multiplicado por el tiempo de recorrido en horas y por el número de pasajeros. El segundo insumo importante es precisamente el valor económico del tiempo de los usuarios. Estos valores se tomaron del Boletín Notas 195, Artículo 1, enero-febrero de 2024, del IMT.

La configuración del valor del tiempo de los usuarios que se empleó se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 18 Parámetros para el valor del Tiempo de Recorrido Situación Actual

Características Valor Tiempo	
Salario Mínimo General Promedio (\$)	278.80
Valor tiempo por motivo de trabajo	103.16
% coeficiente tiempo motivo trabajo	70.00%
Valor del tiempo por motivo de placer	61.90
% coeficiente tiempo motivo placer	30.00%
Coeficiente de pasajeros por Auto	2.00
Coeficiente de pasajeros por Bus	23.00
Coeficiente de pasajeros por camión carga	1.00
Toneladas promedio (ton/veh)	15.00
Valor del tiempo de la carga (\$/h/ton)	129.52

Fuente: Estimación del tiempo de los ocupantes de los vehículos que circulan por la red carretera de México, 2024, NOTAS núm. 195, ENERO-FEBRERO 2022, artículo 1, Instituto Mexicano Transporte

A continuación, se presentan los resultados del análisis de Costos de Operación Vehicular y Costos de Tiempo Recorrido para la obtención de los CGV's correspondientes a la situación actual de los tramos representativos del camino en estudio.

Tabla 19 Costos Generalizados de Viaje Situación Actual

Tramo 1: 0+000 al 0+910								
Costos de Operación Vehicular								
COV (\$/km)				Situación Actual			Total	
Costo de Operación (\$/veh/km)				Costo de Operación (\$)				
Año	A	B	C	A	B	C		
0	2025	\$8.94	\$22.40	\$15.78	\$110,084,066.40	\$1,606,185.46	\$10,286,366.30	\$121,976,618.16

Análisis Costo-Beneficio a nivel de perfil



Valor tiempo								
Velocidad de Recorrido (km/hr)				Situación Actual			Total	
				Costo de Operación (\$)				
Año	A	B	C	A	B	C		
0	2025	29.51	27.07	25.20	\$85,091,337.83	\$6,211,905.97	\$50,255,377.65	\$141,558,621.45

CGV'S Anuales (\$)					
Año		A	B	C	Total
0	2025	\$195,175,404.22	\$7,818,091.43	\$60,541,743.95	\$263,535,239.61

Tramo 2: 0+910 al 3+000

Costos de Operación Vehicular									
COV (\$/km)					Situación Actual			Total	
Costo de Operación (\$/veh/km)					Costo de Operación (\$)				
Año		A	B	C	A		B		
0	2025	\$8.94	\$22.40	\$15.78	\$281,954,352.29	\$4,847,469.91	\$24,271,841.15	\$311,073,663.35	

Valor tiempo								
Velocidad de Recorrido (km/hr)				Situación Actual			Total	
				Costo de Operación (\$)				
Año	A	B	C	A	B	C		
0	2025	23.44	21.62	20.39	\$274,379,268.01	\$23,473,447.08	\$146,557,008.38	\$444,409,723.47

CGV'S Anuales (\$)					
Año		A	B	C	Total
0	2025	\$556.333.620.31	\$28.320.916.99	\$170.828.849.53	\$755.483.386.82

Subtramo (PSV): 2+400 al 3+000

Costos de Operación Vehicular								
COV (\$/km)				Situación Actual			Total	
Costo de Operación (\$/veh/km)				Costo de Operación (\$)				
Año	A	B	C	A	B	C		
0	2025	\$8.94	\$22.40	\$15.78	\$35,504,238.91	\$1,386,846.48	\$7,150,388.78	\$44,041,474.17

Valor tiempo								
Velocidad de Recorrido (km/hr)					Situación Actual			Total
					Costo de Operación (\$)			
Año		A	B	C	A	B	C	
0	2025	32.73	28.80	27.00	\$24,743,680.52	\$5,041,425.33	\$32,605,208.94	\$62,390,314.79

CGV'S Anuales (\$)					
Año		A	B	C	Total
0	2025	\$60,247,919.43	\$6,428,271.80	\$39,755,597.72	\$106,431,788.96

Fuente. Memoria de cálculo.

De manera resumida, los Costos Generalizados de viaje a lo largo de todo el tramo en estudio es de:

Tabla 20. Resumen CGV's Situación Actual

Costos Totales			
Tramo	COV's	Tiempo	CGV's
Tramo 1	\$121,976,618.16	\$141,558,621.45	\$263,535,239.61
Tramo 2	\$311,073,663.35	\$444,409,723.47	\$755,483,386.82
Tramo 3	\$44,041,474.17	\$62,390,314.79	\$106,431,788.96
Total	\$477,091,755.68	\$648,358,659.71	\$1,125,450,415.39

Fuente. Memoria de cálculo.



c. Situación sin el Proyecto o Programa de Inversión

Si bien resulta complejo realizar acciones de optimización la presente evaluación plantea medidas de optimización u obras de tipo menor que contribuyan a elevar las condiciones de operación de la vialidad en estudio, bajo el supuesto, que por razones presupuestales no se completara la obra. Por supuesto que dichas medidas deben contemplar que sean factibles, posibles y rentables durante el horizonte de evaluación, así se obtendría una situación base “sin proyecto optimizada”, para compararla con la situación “con proyecto”. Aunado a lo anterior, las acciones de optimización no deberán suponer un costo mayor al 10% del costo social contemplado para la elaboración del proyecto.

1. Optimizaciones

En caso de que el proyecto no se realice, como medida de optimización se dará mantenimiento mínimo a lo largo del camino No. 3527 (México - Cuautla) - Santa Bárbara - Central, sin embargo, el problema está en que se requiere dar mantenimiento permanente y continuo a la capa de rodadura cada vez que se realice su desgaste.

Mejorar la superficie de rodamiento en el camino No. 3527 (México - Cuautla) - Santa Bárbara - Central, en el tramo del km 0+000 al km 3+000 a base de bacheo, asimismo, con estas acciones, se esperaría incrementar de manera poco significativa las velocidades de operación y disminuir los costos de operación vehicular.

Las acciones de optimización a llevar a cabo se describen a continuación:

- Limpieza de la superficie de rodamiento.
 - La limpieza de la superficie de rodamiento y acotamientos, es el conjunto de actividades que se realizan sobre la superficie del pavimento con el propósito de eliminar los objetos extraños que afecten la comodidad y seguridad del usuario.
- Acciones de bacheo general (bacheo superficial aislado)⁸.
 - Es el conjunto de actividades que se realizan para reponer una porción de la carpeta asfáltica que presenta daños como oquedades por desprendimiento o desintegración inicial de los agregados, en zonas localizadas y relativamente pequeñas, cuando la base del pavimento se encuentra en condiciones estables y sin exceso de agua.

Los **materiales pétreos, asfálticos y, en su caso, aditivos** que se **empleen** en el **bacheo superficial aislado**, se mezclarán con el proporcionamiento necesario para producir una mezcla homogénea. La reposición de la carpeta se realizará con **mezcla asfáltica en caliente**, ésta se tenderá con una temperatura mínima de ciento diez (110) grados Celsius, se extenderá la mezcla asfáltica en las orillas del

⁸ N-CSV-CAR-2-02-003/16, Libro. CSV. CONSERVACIÓN, TEMA: CAR. Carreteras, PARTE: 2. TRABAJOS DE CONSERVACIÓN RUTINARIA, TÍTULO: 02. Pavimentos, CAPÍTULO: 003. Bacheo Superficial Aislado.



área dañada hacia el centro para evitar la segregación, salvo que se utilice equipo de tendido, en cantidad suficiente y utilizando un dispositivo enrasador adecuado para que, una vez compactada, la superficie terminada quede uniforme y al mismo nivel que el resto de la carpeta. Previo al inicio de los trabajos, se realizará un levantamiento mediante inspección visual, de los daños en la carpeta que serán reparados mediante bacheo superficial aislado.

- Mejoramiento de la señalización horizontal en el camino.
 - Es el conjunto de actividades que se realizan para reponer las señales horizontales en la vialidad, cuando ya han perdido su visibilidad o han sufrido algún tipo de daño, con el propósito de mantener la carretera en condiciones de seguridad en lo que a señalamiento se refiere.

A pesar de que esta alternativa podría mejorar las condiciones de operatividad y seguridad de las vialidades de la zona de influencia, la realidad es que esta alternativa representaría una solución parcial, ya que no resuelve los problemas de tránsito en lo que respecta a los costos de operación vehicular y los elevados costos generalizados de viaje. Aunado a que es una medida temporal que en época de lluvias se ve rebasado.

Tabla 21. Costos medidas de optimización

COSTOS DE OPTIMIZACIÓN				
Camino No. 3527 (México - Cuautla) - Santa Bárbara - Central				
Datos				
Longitud =		3000.00	m	
Ancho =		18.96	m	
Área =		56,756.00	m ²	
Conceptos	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
Limpieza de la superficie de rodamiento.	m2	56,756.00	\$3.08	\$174,808.48
Acciones de bacheo general (bacheo superficial aislado).	m3	851.34	\$6,350.00	\$5,406,009.00
Mejoramiento de la señalización horizontal.	m	30000.00	\$19.00	\$570,000.00
TOTAL SIN IVA=				\$6,150,800.00
TOTAL CON IVA=				\$7,134,928.00

Fuente: Elaboración propia

Se propone realizar una inversión menor en las acciones y trabajos descritos anteriormente para mejorar el flujo de vehículos de la zona, disminuyendo ligeramente los CGV al circular por el camino. La manera en la que se refleja esta inversión es por medio de un aumento en las velocidades promedio de circulación a lo largo del camino.

Cabe mencionar que las medidas de optimización descritas en el presente apartado permiten una mejora mínima en cuanto a la situación de operación de las vialidades, sin embargo, la implementación de estas acciones no garantiza mejorar los conflictos viales para la demanda que tendrá a futuro. Como conclusión, esta serie de soluciones optimizadas puede generar avances marginales en términos de eficiencia operativa pero no resuelve la problemática en su totalidad. Debido a que los trabajos a realizar solo tendrían una **vida útil de 1 año** las condiciones regresarían a ser las mismas que en la situación actual en el año 1.



2. Análisis de la Oferta en la situación sin proyecto

Con la implementación de la optimización realizada al camino No. 3527 (México - Cuautla) - Santa Bárbara - Central, el único cambio de consideración en las características actuales del camino es el IRI, mismo que verá una mejoría únicamente durante el primer año de vida útil, tal como se ha mencionado con anterioridad.

Las características físicas se verán modificadas al implementar las medidas de optimización, quedando como a continuación se presenta:

Tabla 22 Características físicas y geométricas del camino incorporando optimización

Características del Camino	Tramo 1: 0+000 al 0+910	Tramo 2: 0+910 al 3+000	Subtramo (PSV): 2+400 al 3+000
Distancia total del camino (m)	910	2090	600
No. De cuerpos	2, uno por sentido de circulación	2, uno por sentido de circulación	2, uno por sentido de circulación
Ancho de cuerpo (m)	Variable con anchos desde los 18 a 25 m	Variable con anchos desde los 18 a 20.40 m	Ancho prm. De 21 m.
Superficie (m2)	18,560.00	38,196.00	12,600.00
	56,756.00		12,600.00
No. Cuerpos	2.00	2.00	2.00
No. De carriles	3 carriles por cuerpo	3 carriles por cuerpo	2 carriles por cuerpo
Pendiente Media ascendente	1.00%	1.70%	1.80%
Pendiente Media descendente	-1.40%	-2.00%	-2.00%
Altitud del terreno (msnm)	2237	2239	2242
Tipo de Terreno	Plano	Plano	Plano
Tipo de superficie de rodamiento	Carpeta asfáltica en condiciones regulares (bacheo)	Carpeta asfáltica en condiciones regulares (bacheo)	Carpeta asfáltica en condiciones regulares (bacheo)
Obras de drenaje	Existentes en malas condiciones		N/A
Guarniciones y banquetas	De concreto hidráulico en malas condiciones con agrietamientos y desprendimientos		N/A
Condiciones de señalamiento horizontal	Marcas en pavimento en buenas condiciones Pintura en guarniciones visibles en buen estado.		
Condiciones de señalamiento vertical	Existente, pero escaso		
Alumbrado público	Existente, en estado regular a malo e insuficiente.		
Índice de rugosidad (mm/m)	6	6	6
Nivel de servicio	D	D	D
Velocidad (km/h)	32.71	26.18	35.41
Tiempo de traslado (h:min:s)	00:01:40	00:04:47	00:01:01
Total (tiempo de traslado)	00:07:29		
Costos Generalizados de Viaje	\$231,474,026.39	\$660,366,670.87	\$93,178,962.08
Total(CGV's)	\$985,019,659.34		

Fuente: Elaboración propia con base en las características promedio obtenidas en trabajo de campo.



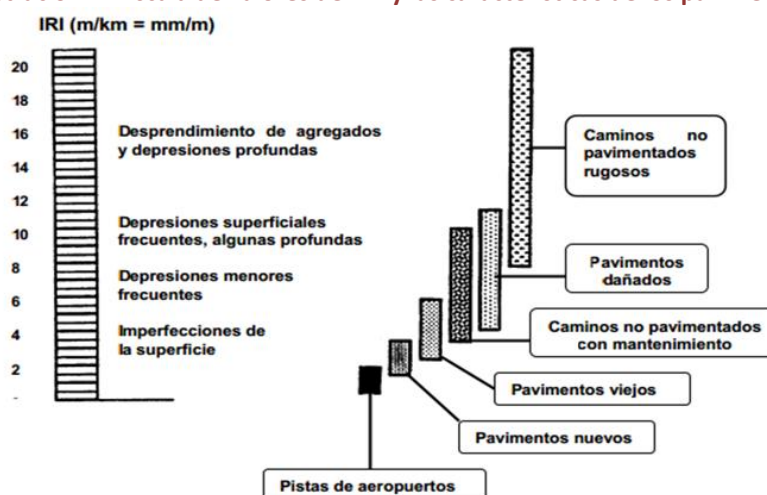
Índice de Rugosidad Internacional –IRI–.

El índice de rugosidad internacional (IRI) del área de estudio observado es de 8 mm/m. El Índice Internacional constituye una medida de la rugosidad, entendida como las deformaciones verticales de la superficie de un camino con respecto a la superficie plana, mismas que afectan la dinámica del vehículo, la calidad de viaje, las cargas dinámicas y el drenaje superficial del camino. La rugosidad es, por tanto, una característica del perfil longitudinal de la superficie recorrida y el Índice Internacional de Rugosidad puede definirse como la suma de las irregularidades verticales (en valor absoluto) a lo largo de la zona de rodadura de un tramo homogéneo de carretera, entre la longitud de este, su unidad de medida es m/km o mm/m. En la siguiente figura se muestra la escala de dicho índice con una breve descripción del estado cualitativo del pavimento correspondiente a ciertos rangos. Un método muy accesible para realizar estimaciones de la rugosidad en campo consiste en colocar manualmente una regla de 2 m ó 3 m de largo, longitudinalmente, sobre una de las huellas de camino; medir la desviación máxima bajo la regla, en mm; y repetir la operación a distancias convenientemente espaciadas. Con los datos de las mediciones, calcular las frecuencias acumuladas, y sustituir el valor del 95 percentil resultante (aquél que es mayor al 95% de las observaciones, e inferior al 5%) en la fórmula siguiente, que corresponda, para conocer el valor del IIR, en m/km:

$IRI \text{ (m/km)} = 0.35 \text{ DMR3}$; DMR3=95 percentil de las desviaciones máximas, bajo una regla de 3m de largo

$IRI \text{ (m/km)} = 0.437 \text{ DMR2}$; DMR2 = 95 percentil de las desviaciones máximas, bajo una regla de 2m de largo”⁹

Ilustración 11 Escala de valores del IRI y las características de los pavimentos



Fuente: Índice Internacional de Rugosidad en la red carretera de México, IMT

Asimismo, cuando no se cuenta con medición láser, cuarto de carro y no hay posibilidad de usar la regla de 3 metros una forma viable de hacer una estimación del IRI es en base a la observación de los daños y del estado superficial del pavimento, para que a través de la experiencia del ingeniero en lo relativo a evaluación de pavimentos se utilizara la escala anterior para asignar un IRI representativo.

⁹Costos de operación Base de los Vehículos Representativos del Transporte Interurbano 2024; José Antonio Arroyo Osorno, Roberto Aguerrebere Salido, Guillermo Torres Vargas; IMT Publicación Técnica 368.



Nivel de servicio

El análisis de la capacidad se realiza con base en el "Highway Capacity Manual 2010", con el cual se determina el nivel de servicio y la velocidad de operación en que se encuentra una carretera. Se toma en consideración el Tránsito Diario Promedio Anual (TDPA), con su composición vehicular correspondiente y, a partir de éste, se estima el volumen horario de máxima demanda, mismo que dividido entre el "Factor horario de máxima demanda" (FHMD), constituye el insumo para obtener el volumen de servicio con que cuenta una carretera, el cual permitirá determinar el nivel de servicio y la velocidad de operación en que se encuentra operando. De esta manera el nivel de servicio es una medida para caracterizar las condiciones de operación del tránsito. Se han establecido seis niveles de servicio denominados: A, B, C, D, E y F, que van del mejor al peor. Las medidas para definir estos niveles en carreteras son: para carreteras de carriles múltiples la densidad y, para carreteras de dos carriles, la demora porcentual¹⁰.

Por lo anterior, el nivel de Servicio Carretero del Camino No. 3527 (México - Cuautla) - Santa Bárbara - Central, a lo largo de 3.0 km, mismos que comprenden la totalidad del camino es un tipo de servicio Tipo D, pues las características del camino, siguen siendo similares a la de la situación actual.

Ilustración 12 Nivel de Servicio de carreteras

A	Corresponde a una condición de flujo libre, con volúmenes de tránsito bajos; la velocidad depende del deseo de los conductores dentro de los límites impuestos y bajo las condiciones físicas de la carretera.
B	Se considera como flujo estable, los conductores tienen una libertad razonable para elegir sus velocidades y el carril de operación.
C	El flujo es estable, los conductores perciben restricciones tanto para elegir su velocidad, como para efectuar maniobras de cambio de carril de rebase; se obtiene una velocidad de operación satisfactoria. Es deseable que este nivel de servicio sea el más desfavorable al que operen las vialidades.
D	Esta condición se aproxima al flujo inestable; la velocidad de operación aún es satisfactoria, pero resulta afectada por los cambios en las condiciones de operación. Los conductores tienen poca libertad de maniobra con la consecuente pérdida de comodidad.
E	En este nivel, los volúmenes de tránsito corresponden a la capacidad. El flujo es inestable y pueden ocurrir paradas de corta duración.
F	Corresponde a los flujos forzados, en donde los volúmenes son inferiores a los de la capacidad y las velocidades se reducen pudiendo producir paradas debido al congestionamiento.

Fuente: Estado de la capacidad y niveles de servicio en la Red Federal de Carreteras en México, abril 2023
<https://calymayor.com.mx/mx/assets/reportes/clasificacion-vias-SCT-2023.pdf>

3. Análisis de la Demanda en la situación sin proyecto

La demanda la constituyen los vehículos que utilizan esta vialidad para trasladarse desde un origen a un destino.

¹⁰ Estado de la capacidad y niveles de servicio en la Red Federal de Carreteras en México, abril 2023



- **Movimientos direccionales.**

Los movimientos direccionales se refieren a los análisis y estudios que se realizan para entender cómo se desplazan los vehículos (tránsito) en las carreteras. Estos análisis, a su vez, están estrechamente relacionados con el Tránsito Diario Promedio Anual (TDPA), que es una métrica clave para la gestión de la infraestructura vial.

Bajo este escenario, se analizan los movimientos direccionales representativos del camino en su horario de máxima demanda con el objeto de entender cómo los vehículos se distribuyen y se desplazan. Esta información, combinada con el TDPA, permitirá identificar las zonas con mayor demanda y priorizar las acciones de mejora. A continuación, se presenta un croquis con los movimientos direccionales representativos del camino 3527 (México - Cuautla) - Santa Bárbara - Central, en el tramo del km. 0+000 al km. 3+000, en el municipio de Ixtapaluca.

Ilustración 13 Movimientos direccionales del PPI



Fuentes: Factibilidad de mercado: Movimientos direccionales.

Como se puede observar en la imagen y en relación con el análisis emitido por el Departamento de Transito de la Junta de Caminos del Estado de México, se encuentran un movimiento direccional con mayor afluencia, teniendo así 2 tramos a analizar, además de tener un Paso Superior Vehicular, formando un subtramo adicional a analizar. Esto nos permite planificar las actividades de mejoramiento de la superficie de rodadura.

El movimiento direccional para el caso en específico del camino 3527 se presenta sobre la calle Vigilantes, que es la calle principal que conecta con una de las plazas comerciales más grandes de la zona (Galerías Ixtapaluca), además de conectar también con una zona habitacional importante. Por lo que el Tramo 1 queda del km 0+000 al 0+910 y el Tramo 2 del 0+910 al 3+000 y el subtramo adicional de del PSV del km 2+400 al 3+000.



Transito Diario Promedio Anual

La demanda está constituida por los vehículos que circulan por las carreteras diariamente, lo anterior se manifiesta a través del Transito Diario Promedio Anual (TDPA); el aforo vehicular es importante ya que refleja la demanda que tiene la vialidad.

Para la vialidad en estudio se cuenta con datos obtenidos en campo por el Departamento de Ingeniería de Transito de la Junta de Caminos del Estado de México los cuales arrojan la siguiente información al año 2025, en cada uno de los tramos determinados, derivado de las variaciones en la demanda por los movimientos direccionales más representativos presentes en el camino, teniendo como resultado los siguientes datos:

Tabla 23. TDPA proyecto

Camino No. 3527 (México - Cuautla) - Santa Bárbara - Central	
Tramo	TDPA
Tramo 1: 0+000 al 0+910	39,251.00
Tramo 2: 0+910 al 3+000	43,643.00
Subtramo (PSV): 2+400 al 3+000	20,486.00
Total/Promedio	103,380.00

Fuente: Elaboración propia

Composición vehicular.

La composición vehicular para cada uno de los tramos de la vialidad en estudio es la siguiente con referencia a los datos obtenidos en campo:

Tabla 24 Composición vehicular

Camino No. 3527 (México - Cuautla) - Santa Bárbara - Central					
Tramo	TDPA	Clasificación			Total
		A	B	C	
Tramo 1: 0+000 al 0+910	39,251.00	94.45%	0.55%	5.00%	100.00%
Tramo 2: 0+910 al 3+000	43,643.00	94.73%	0.65%	4.62%	100.00%
Subtramo (PSV): 2+400 al 3+000	20,486.00	88.52%	1.38%	10.10%	100.00%
Total/Promedio	103,380.00	92.57%	0.86%	6.57%	100.00%

Fuente: Elaboración propia

Tasa de ocupación vehicular.

La tasa de ocupación vehicular señala el número de pasajeros que viajan en promedio en cada tipo de vehículo, incluyendo al chofer o conductor de la unidad.

Tabla 25 Ocupación Vehicular Promedio

A	B	C
2.0	23.0	1.0

Fuente: Publicación Técnica No. 653, IMT

<https://imt.mx/archivos/Publicaciones/PublicacionTecnica/pt653.pdf>

Tasa de crecimiento

El conocer la tasa de crecimiento del tránsito vehicular en las vialidades permite identificar las necesidades de infraestructura que incluyen acciones orientadas a la conservación, modernización y construcción de la red vial.



Para determinar la tasa de crecimiento correspondiente a la zona del proyecto, se consultó el Producto Interno Bruto (PIB) y las Cuentas Nacionales de México, de acuerdo con la información registrada en el Banco de Información Económica del INEGI.

El crecimiento moderado puede influir en la planificación y ejecución de proyectos de inversión pública. Es esencial considerar estos indicadores macroeconómicos al evaluar la viabilidad y el impacto potencial de nuevas iniciativas en el contexto económico actual.

Cabe mencionar, que el Producto Interno Bruto Trimestral ofrece, una visión oportuna, completa y coherente de la evolución de las actividades económicas del país, proporcionando información oportuna y actualizada, para apoyar la toma de decisiones.

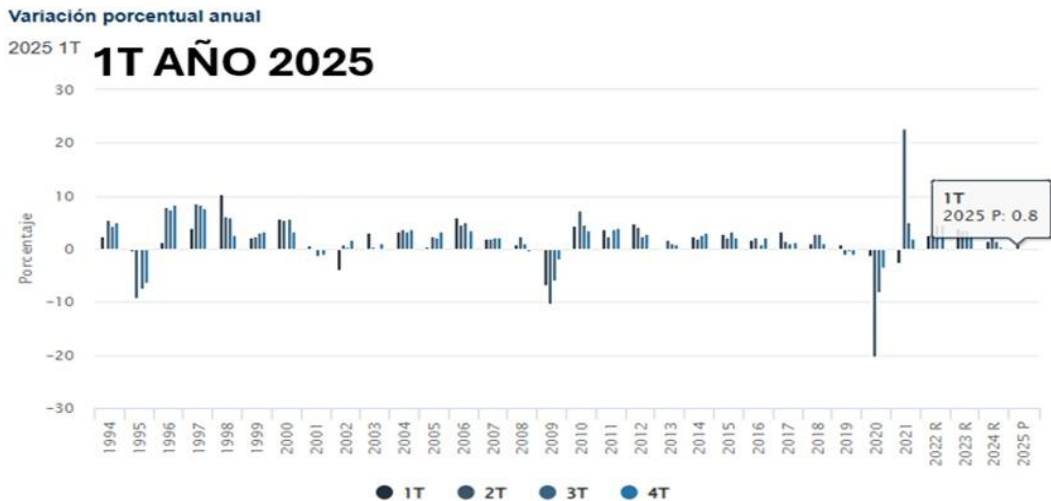
De acuerdo con el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), la Estimación Oportuna del PIB Trimestral ofrece una visión sobre la evolución de la economía mexicana, con base en: la información estadística disponible en ese momento, las técnicas estadísticas y modelos econométricos que mejor se ajustan a dicha información, así como a las recomendaciones internacionales vigentes, por lo que sus resultados son consistentes con el Sistema de Cuentas Nacionales de México (SCNM)¹¹.

Como se puede observar en la siguiente imagen, el PIB actualizado publicado a la fecha corresponde al primer trimestre del año 2025, con un valor del 0.8% y el PIB anterior corresponde al 0.4% en el cuarto trimestre del 2024. Por lo tanto, se puede observar que ha existido un incremento de acuerdo al trimestre anterior.

Ilustración 14. PIB



¹¹ <https://www.inegi.org.mx/temas/pibo/>



Fuente: Datos del PIB del INEGI
<https://www.inegi.org.mx/temas/pib/>

Dada cierta circunstancia, se determinó que la tasa de crecimiento a utilizar será de 0.8%, esto tomando en cuenta el crecimiento del Producto Interno Bruto promedio registrado en el año 2025 con la finalidad de no sobrevalorar los resultados del proyecto.

Esto se considera ya que es necesario para la demanda a lo largo del horizonte de evaluación para que contenga los impactos derivados de las optimizaciones, y en caso de haberlos, dado que la optimización propuesta únicamente modifica las características de la oferta, la demanda de la situación sin proyecto se considera igual a la demanda de la situación actual.

Proyección de la Demanda

Las tasas de crecimiento se consideran ya que es necesario reestimar la demanda a lo largo del horizonte de evaluación para que contenga los impactos derivados de las optimizaciones en caso de haberlos. A continuación, se presenta el cálculo de la demanda en la situación sin proyecto para cada uno de los tramos y sus proyecciones a lo largo del horizonte de evaluación.

Tabla 26 Proyección del TDPA

Tramo 1: 0+000 al 0+910						Tramo 2: 0+910 al 3+000					
Proyección del Transito Diario Promedio Anual						Proyección del Transito Diario Promedio Anual					
Crecimiento anual	Clasificación vehicular			TDPA		Crecimiento anual	Clasificación vehicular			TDPA	
0.80%	A	B	C	Total Día	Total Anual	0.80%	A	B	C	Total Día	Total Anual
Año	94.45%	0.55%	5.00%	100.00%	365	Año	94.73%	0.65%	4.62%	100.00%	365
0 2025	37,073	216	1,963	39,251	14,326,615	0 2025	41,343	284	2,016	43,643	15,929,695
1 2026	37,369	218	1,978	39,565	14,441,228	1 2026	41,674	286	2,032	43,992	16,057,133
2 2027	37,668	219	1,994	39,882	14,556,758	2 2027	42,007	288	2,049	44,344	16,185,590
3 2028	37,969	221	2,010	40,201	14,673,212	3 2028	42,343	291	2,065	44,699	16,315,074
4 2029	38,273	223	2,026	40,522	14,790,597	4 2029	42,682	293	2,082	45,056	16,445,595
5 2030	38,579	225	2,042	40,846	14,908,922	5 2030	43,023	295	2,098	45,417	16,577,160
6 2031	38,888	226	2,059	41,173	15,028,194	6 2031	43,368	298	2,115	45,780	16,709,777
7 2032	39,199	228	2,075	41,503	15,148,419	7 2032	43,715	300	2,132	46,146	16,843,455
8 2033	39,513	230	2,092	41,835	15,269,607	8 2033	44,064	302	2,149	46,516	16,978,203
9 2034	39,829	232	2,108	42,169	15,391,763	9 2034	44,417	305	2,166	46,888	17,114,028
10 2035	40,147	234	2,125	42,507	15,514,898	10 2035	44,772	307	2,184	47,263	17,250,941
11 2036	40,469	236	2,142	42,847	15,639,017	11 2036	45,130	310	2,201	47,641	17,388,948

Análisis Costo-Beneficio a nivel de perfil



Tramo 1: 0+000 al 0+910							Tramo 2: 0+910 al 3+000						
Proyección del Transito Diario Promedio Anual							Proyección del Transito Diario Promedio Anual						
Crecimiento anual	Clasificación vehicular			TDPA		39,251.00	Crecimiento anual	Clasificación vehicular			TDPA		43,643.00
0.80%	A	B	C	Total Día	Total Anual		0.80%	A	B	C	Total Día	Total Anual	
Año	94.45%	0.55%	5.00%	100.00%	365		Año	94.73%	0.65%	4.62%	100.00%	365	
12	2037	40,792	238	2,159	43,189	15,764,129	12	2037	45,491	312	2,219	48,022	17,528,060
13	2038	41,119	239	2,177	43,535	15,890,242	13	2038	45,855	315	2,236	48,406	17,668,284
14	2039	41,448	241	2,194	43,883	16,017,364	14	2039	46,222	317	2,254	48,794	17,809,631
15	2040	41,779	243	2,212	44,234	16,145,503	15	2040	46,592	320	2,272	49,184	17,952,108
16	2041	42,113	245	2,229	44,588	16,274,667	16	2041	46,965	322	2,290	49,577	18,095,724
17	2042	42,450	247	2,247	44,945	16,404,864	17	2042	47,340	325	2,309	49,974	18,240,490
18	2043	42,790	249	2,265	45,304	16,536,103	18	2043	47,719	327	2,327	50,374	18,386,414
19	2044	43,132	251	2,283	45,667	16,668,392	19	2044	48,101	330	2,346	50,777	18,533,505
20	2045	43,477	253	2,302	46,032	16,801,739	20	2045	48,486	333	2,365	51,183	18,681,774
21	2046	43,825	255	2,320	46,400	16,936,153	21	2046	48,873	335	2,384	51,592	18,831,228
22	2047	44,176	257	2,339	46,772	17,071,642	22	2047	49,264	338	2,403	52,005	18,981,878
23	2048	44,529	259	2,357	47,146	17,208,215	23	2048	49,659	341	2,422	52,421	19,133,733
24	2049	44,885	261	2,376	47,523	17,345,881	24	2049	50,056	343	2,441	52,841	19,286,802
25	2050	45,245	263	2,395	47,903	17,484,648	25	2050	50,456	346	2,461	53,263	19,441,097
26	2051	45,606	266	2,414	48,286	17,624,525	26	2051	50,860	349	2,480	53,689	19,596,626
27	2052	45,971	268	2,434	48,673	17,765,521	27	2052	51,267	352	2,500	54,119	19,753,399
28	2053	46,339	270	2,453	49,062	17,907,646	28	2053	51,677	355	2,520	54,552	19,911,426
29	2054	46,710	272	2,473	49,455	18,050,907	29	2054	52,090	357	2,540	54,988	20,070,717
30	2055	47,083	274	2,493	49,850	18,195,314	30	2055	52,507	360	2,561	55,428	20,231,283

Subtramo (PSV): 2+400 al 3+000						
Proyección del Transito Diario Promedio Anual						
Crecimiento anual	Clasificación vehicular			TDPA		20,486.00
0.80%	A	B	C	Total Día	Total Anual	
Año	88.52%	1.38%	10.10%	100.00%	365	
0	2025	18,134	283	2,069	20,486	7,477,390
1	2026	18,279	285	2,086	20,650	7,537,209
2	2027	18,426	287	2,102	20,815	7,597,507
3	2028	18,573	290	2,119	20,982	7,658,287
4	2029	18,722	292	2,136	21,149	7,719,553
5	2030	18,871	294	2,153	21,319	7,781,310
6	2031	19,022	297	2,170	21,489	7,843,560
7	2032	19,174	299	2,188	21,661	7,906,309
8	2033	19,328	301	2,205	21,834	7,969,559
9	2034	19,482	304	2,223	22,009	8,033,315
10	2035	19,638	306	2,241	22,185	8,097,582
11	2036	19,795	309	2,259	22,363	8,162,363
12	2037	19,954	311	2,277	22,542	8,227,662
13	2038	20,113	314	2,295	22,722	8,293,483
14	2039	20,274	316	2,313	22,904	8,359,831
15	2040	20,437	319	2,332	23,087	8,426,709
16	2041	20,600	321	2,350	23,272	8,494,123
17	2042	20,765	324	2,369	23,458	8,562,076
18	2043	20,931	326	2,388	23,645	8,630,573
19	2044	21,098	329	2,407	23,835	8,699,617
20	2045	21,267	332	2,427	24,025	8,769,214

Fuente: Memoria de cálculo



4. Diagnóstico de la Interacción Oferta- Demanda con optimizaciones a lo largo del horizonte de evaluación.

El estado físico y las características geométricas de una carretera o autopista, tienen una influencia directa sobre la velocidad con la que circulan los vehículos en ella, de tal manera que un camino en buen estado y altas especificaciones de diseño, permite la circulación a velocidades más altas que un camino deteriorado. Este incremento en la velocidad de operación permite una reducción en los tiempos de recorrido.

Velocidades y tiempos de recorrido.

El estado físico y las características geométricas de una carretera o autopista, tienen una influencia directa sobre la velocidad con la que circulan los vehículos en ella, de tal manera que un camino en buen estado, con un bajo nivel de congestión y altas especificaciones de diseño, permite la circulación a velocidades más altas que un camino deteriorado. Este incremento en la velocidad de operación permite una reducción en los tiempos de recorrido. De acuerdo a las medidas de optimización empleadas, se considera un aumento en las velocidades, ya que la superficie se encontrará en condiciones regulares.

En la siguiente tabla se muestran las velocidades y tiempos de recorrido tomando en cuenta las medidas de optimización.

Tabla 27 Velocidades de Recorrido sin Proyecto

Tramo	Velocidades (km/hr) Situación Sin Proyecto			
	A	B	C	Promedio
Tramo 1: 0+000 al 0+910	35.41	32.48	30.24	32.71
Tramo 1: 0+000 al 0+910	28.13	25.94	24.47	26.18
Subtramo (PSV): 2+400 al 3+000	39.28	34.56	32.40	35.41
Total/ promedio	34.27	31.00	29.04	31.43

Fuente: Memoria de cálculo

Tabla 28 Tiempos de Recorrido sin proyecto

Tramo	Tiempos Recorridos Situación sin Proyecto				Promedio
	Longitud (KM)	A	B	C	
Tramo 1: 0+000 al 0+910	0.91	00:01:33	00:01:41	00:01:48	00:01:40
Tramo 1: 0+000 al 0+910	2.09	00:04:27	00:04:50	00:05:08	00:04:47
Subtramo (PSV): 2+400 al 3+000	0.60	00:00:55	00:01:02	00:01:07	00:01:01
TOTAL		00:06:55	00:07:33	00:08:03	00:07:29

Fuente: Memoria de cálculo

Costos de Operación vehicular (Situación sin Proyecto)

Los costos de operación vehicular se miden en términos monetarios. Para su cálculo se incluye el costo de combustibles y lubricantes, desgaste de llantas y elementos de frenado, deterioro del sistema de suspensión y de embrague, así como los costos de refacciones, mantenimiento y



depreciación del vehículo. El COV es sensible a las características geométricas del camino, tales como pendientes, grados de curvatura, IRI y altitud sobre el nivel del mar.

Para obtención de los COV del presente proyecto se hará uso de los valores reportados por el Instituto Mexicano del Transporte (IMT) en su publicación Técnica No. 838, 2024, así como las características técnicas de los vehículos que operan en México y de las características representativas de las carreteras en México para los diferentes tipos de terreno: plano, lomerío y montañoso¹².

A continuación se presentan los datos que se tomaron en cuenta de la Nota Técnica No. 838, 2024 para el análisis y cálculo de los Costos de Operación Vehicular, de acuerdo a la variación del IRI, que para la situación sin proyecto es de 6 mm/m y tipo de terreno plano.

Tabla 29 Costos de operación vehicular Situación sin Proyecto

Tramo	Costos de Operación Vehicular ((\$/km)/vehículo)			
	Situación Sin Proyecto			
	IRI (mm/m)	A	B	C
Tramo 1: 0+000 al 0+910	6	\$ 8.16	\$ 21.63	\$ 14.79
Tramo 1: 0+000 al 0+910	6	\$ 8.16	\$ 21.63	\$ 14.79
Subtramo (PSV): 2+400 al 3+000	6	\$ 8.16	\$ 21.63	\$ 14.79

Fuente: Memoria de cálculo

Costo del Tiempo de Recorrido (CRT)

El CTR representa el valor, en términos monetarios, del tiempo de viaje de las personas que viajan en cada tipo de vehículo. Está dado por el valor unitario del tiempo de las personas (peso/hora) multiplicado por el tiempo de recorrido en horas y por el número de pasajeros. El segundo insumo importante es precisamente el valor económico del tiempo de los usuarios. Estos valores se tomaron del Boletín Notas 195, Artículo 1, enero-febrero de 2024, del IMT. La configuración del valor del tiempo de los usuarios que se empleó se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 30 Parámetros para el valor del Tiempo de Recorrido Situación sin proyecto

Características Valor Tiempo	
Salario Mínimo General Promedio (\$)	278.80
Valor tiempo por motivo de trabajo	103.16
% coeficiente tiempo motivo trabajo	70.00%
Valor del tiempo por motivo de placer	61.90
% coeficiente tiempo motivo placer	30.00%
Coeficiente de pasajeros por Auto	2.00
Coeficiente de pasajeros por Bus	23.00
Coeficiente de pasajeros por camión carga	1.00
Toneladas promedio (ton/veh)	15.00
Valor del tiempo de la carga (\$/h/ton)	129.52

Fuente: Estimación del tiempo de los ocupantes de los vehículos que circulan por la red carretera de México, 2024, NOTAS núm. 195, ENERO-FEBRERO 2024, artículo 1, Instituto Mexicano Transporte

¹² Costos de operación base de los vehículos representativos del transporte interurbano 2024

A continuación, se presenta el cuadro con los CGV en la Situación sin proyecto, con base en las modificaciones realizadas al IRI y a las velocidades promedio de circulación para los tramos del proyecto. Aunado a lo anterior se considerará un porcentaje de 0.80% de inflación que se pudiera presentar en el horizonte de evaluación en los costos de operación vehicular. Esto tomando como referencia económica la tasa de crecimiento.

Tabla 31 Costos de Operación Vehicular y Costos Valor del Tiempo Sin Proyecto

Tramo 1: 0+000 al 0+910								
Costos de Operación Vehicular								
COV (\$/km)				Situación Sin Proyecto			TC	
Costo de Operación (\$/veh/km)				Costo de Operación (\$)			0.80%	
Año		A	B	C	A	B	C	Total
0	2025				-	-	-	-
1	2026	\$8.16	\$21.63	\$14.79	\$101,283,251.64	\$1,563,380.62	\$9,718,152.12	\$112,564,784.38
2	2027	\$8.23	\$21.80	\$14.91	\$102,910,265.79	\$1,588,494.76	\$9,874,264.52	\$114,373,025.08
3	2028	\$8.29	\$21.98	\$15.03	\$104,563,416.30	\$1,614,012.34	\$10,032,884.70	\$116,210,313.35
4	2029	\$8.36	\$22.15	\$15.15	\$106,243,123.02	\$1,639,939.84	\$10,194,052.96	\$118,077,115.83
5	2030	\$8.42	\$22.33	\$15.27	\$107,949,812.55	\$1,666,283.83	\$10,357,810.23	\$119,973,906.61
6	2031	\$8.49	\$22.51	\$15.39	\$109,683,918.34	\$1,693,051.02	\$10,524,198.09	\$121,901,167.45
7	2032	\$8.56	\$22.69	\$15.51	\$111,445,880.80	\$1,720,248.19	\$10,693,258.81	\$123,859,387.80
8	2033	\$8.63	\$22.87	\$15.64	\$113,236,147.43	\$1,747,882.25	\$10,865,035.32	\$125,849,065.01
9	2034	\$8.70	\$23.05	\$15.76	\$115,055,172.91	\$1,775,960.23	\$11,039,571.25	\$127,870,704.39
10	2035	\$8.77	\$23.24	\$15.89	\$116,903,419.20	\$1,804,489.26	\$11,216,910.92	\$129,924,819.38
11	2036	\$8.84	\$23.42	\$16.02	\$118,781,355.73	\$1,833,476.58	\$11,397,099.38	\$132,011,931.68
12	2037	\$8.91	\$23.61	\$16.14	\$120,689,459.43	\$1,862,929.54	\$11,580,182.38	\$134,132,571.35
13	2038	\$8.98	\$23.80	\$16.27	\$122,628,214.90	\$1,892,855.64	\$11,766,206.43	\$136,287,276.98
14	2039	\$9.05	\$23.99	\$16.40	\$124,598,114.55	\$1,923,262.48	\$11,955,218.77	\$138,476,595.80
15	2040	\$9.12	\$24.18	\$16.54	\$126,599,658.66	\$1,954,157.76	\$12,147,267.41	\$140,701,083.83
16	2041	\$9.20	\$24.38	\$16.67	\$128,633,355.58	\$1,985,549.36	\$12,342,401.11	\$142,961,306.04
17	2042	\$9.27	\$24.57	\$16.80	\$130,699,721.80	\$2,017,445.22	\$12,540,669.44	\$145,257,836.46
18	2043	\$9.34	\$24.77	\$16.94	\$132,799,282.13	\$2,049,853.46	\$12,742,122.76	\$147,591,258.35
19	2044	\$9.42	\$24.97	\$17.07	\$134,932,569.80	\$2,082,782.31	\$12,946,812.22	\$149,962,164.32
20	2045	\$9.49	\$25.17	\$17.21	\$137,100,126.60	\$2,116,240.12	\$13,154,789.81	\$152,371,156.53
21	2046	\$9.57	\$25.37	\$17.35	\$139,302,503.04	\$2,150,235.40	\$13,366,108.35	\$154,818,846.79
22	2047	\$9.65	\$25.57	\$17.48	\$141,540,258.44	\$2,184,776.78	\$13,580,821.52	\$157,305,856.74
23	2048	\$9.72	\$25.77	\$17.62	\$143,813,961.16	\$2,219,873.04	\$13,798,983.83	\$159,832,818.03
24	2049	\$9.80	\$25.98	\$17.76	\$146,124,188.63	\$2,255,533.08	\$14,020,650.71	\$162,400,372.42
25	2050	\$9.88	\$26.19	\$17.91	\$148,471,527.59	\$2,291,765.96	\$14,245,878.44	\$165,009,172.00
26	2051	\$9.96	\$26.40	\$18.05	\$150,856,574.21	\$2,328,580.89	\$14,474,724.23	\$167,659,879.34
27	2052	\$10.04	\$26.61	\$18.19	\$153,279,934.22	\$2,365,987.21	\$14,707,246.20	\$170,353,167.64
28	2053	\$10.12	\$26.82	\$18.34	\$155,742,223.08	\$2,403,994.43	\$14,943,503.41	\$173,089,720.92
29	2054	\$10.20	\$27.04	\$18.49	\$158,244,066.16	\$2,442,612.20	\$15,183,555.84	\$175,870,234.20
30	2055	\$10.28	\$27.25	\$18.63	\$160,786,098.84	\$2,481,850.32	\$15,427,464.49	\$178,695,413.64
Valor Tiempo								

Análisis Costo-Beneficio a nivel de perfil



Velocidad de Recorrido (km/hr)				Situación Sin Proyecto			Total
				Valor Tiempo			
Año	A	B	C	A	B	C	
0 2025				-	-	-	
1 2026	35.41	32.48	30.24	\$71,476,723.77	\$5,218,001.01	\$42,214,517.23	
2 2027	35.13	32.22	30.00	\$72,629,574.16	\$5,302,162.32	\$42,895,396.54	
3 2028	34.85	31.97	29.76	\$73,801,018.90	\$5,387,681.07	\$43,587,257.77	
4 2029	34.57	31.71	29.52	\$74,991,357.92	\$5,474,579.15	\$44,290,278.06	
5 2030	34.29	31.46	29.28	\$76,200,895.95	\$5,562,878.81	\$45,004,637.38	
6 2031	34.02	31.21	29.05	\$77,429,942.66	\$5,652,602.67	\$45,730,518.63	
7 2032	33.75	30.96	28.82	\$78,678,812.70	\$5,743,773.68	\$46,468,107.64	
8 2033	33.48	30.71	28.59	\$79,947,825.81	\$5,836,415.19	\$47,217,593.25	
9 2034	33.21	30.46	28.36	\$81,237,306.87	\$5,930,550.92	\$47,979,167.33	
10 2035	32.94	30.22	28.13	\$82,547,586.01	\$6,026,204.96	\$48,753,024.87	
11 2036	32.68	29.98	27.91	\$83,878,998.69	\$6,123,401.82	\$49,539,363.98	
12 2037	32.42	29.74	27.68	\$85,231,885.76	\$6,222,166.36	\$50,338,385.98	
13 2038	32.16	29.50	27.46	\$86,606,593.60	\$6,322,523.88	\$51,150,295.43	
14 2039	31.90	29.26	27.24	\$88,003,474.14	\$6,424,500.08	\$51,975,300.20	
15 2040	31.65	29.03	27.02	\$89,422,885.01	\$6,528,121.04	\$52,813,611.49	
16 2041	31.39	28.80	26.81	\$90,865,189.61	\$6,633,413.32	\$53,665,443.93	
17 2042	31.14	28.57	26.59	\$92,330,757.19	\$6,740,403.86	\$54,531,015.61	
18 2043	30.89	28.34	26.38	\$93,819,962.95	\$6,849,120.05	\$55,410,548.12	
19 2044	30.65	28.11	26.17	\$95,333,188.16	\$6,959,589.73	\$56,304,266.64	
20 2045	30.40	27.89	25.96	\$96,870,820.22	\$7,071,841.17	\$57,212,399.97	
21 2046	30.16	27.66	25.75	\$98,433,252.81	\$7,185,903.13	\$58,135,180.61	
22 2047	29.92	27.44	25.55	\$100,020,885.92	\$7,301,804.79	\$59,072,844.82	
23 2048	29.68	27.22	25.34	\$101,634,126.01	\$7,419,575.84	\$60,025,632.64	
24 2049	29.44	27.00	25.14	\$103,273,386.11	\$7,539,246.41	\$60,993,788.00	
25 2050	29.20	26.79	24.94	\$104,939,085.89	\$7,660,847.16	\$61,977,558.78	
26 2051	28.97	26.57	24.74	\$106,631,651.79	\$7,784,409.21	\$62,977,196.82	
27 2052	28.74	26.36	24.54	\$108,351,517.14	\$7,909,964.20	\$63,992,958.06	
28 2053	28.51	26.15	24.34	\$110,099,122.25	\$8,037,544.27	\$65,025,102.55	
29 2054	28.28	25.94	24.15	\$111,874,914.55	\$8,167,182.08	\$66,073,894.52	
30 2055	28.05	25.73	23.96	\$113,679,348.65	\$8,298,910.82	\$67,139,602.50	

CGV'S Anuales (\$)					
Año		A	B	C	Total
0	2025	-	-	-	-
1	2026	\$172,759,975.41	\$6,781,381.63	\$51,932,669.35	\$231,474,026.39
2	2027	\$175,539,839.95	\$6,890,657.09	\$52,769,661.06	\$235,200,158.09
3	2028	\$178,364,435.20	\$7,001,693.41	\$53,620,142.47	\$238,986,271.09
4	2029	\$181,234,480.94	\$7,114,518.99	\$54,484,331.02	\$242,833,330.95
5	2030	\$184,150,708.50	\$7,229,162.65	\$55,362,447.61	\$246,742,318.76
6	2031	\$187,113,861.00	\$7,345,653.68	\$56,254,716.72	\$250,714,231.40
7	2032	\$190,124,693.50	\$7,464,021.86	\$57,161,366.45	\$254,750,081.82
8	2033	\$193,183,973.24	\$7,584,297.44	\$58,082,628.57	\$258,850,899.25
9	2034	\$196,292,479.77	\$7,706,511.15	\$59,018,738.58	\$263,017,729.50
10	2035	\$199,451,005.21	\$7,830,694.22	\$59,969,935.79	\$267,251,635.23
11	2036	\$202,660,354.42	\$7,956,878.39	\$60,936,463.36	\$271,553,696.17
12	2037	\$205,921,345.19	\$8,085,095.91	\$61,918,568.36	\$275,925,009.46
13	2038	\$209,234,808.50	\$8,215,379.53	\$62,916,501.86	\$280,366,689.89

Análisis Costo-Beneficio a nivel de perfil



14	2039	\$212,601,588.69	\$8,347,762.55	\$63,930,518.97	\$284,879,870.21
15	2040	\$216,022,543.67	\$8,482,278.81	\$64,960,878.90	\$289,465,701.38
16	2041	\$219,498,545.19	\$8,618,962.68	\$66,007,845.04	\$294,125,352.91
17	2042	\$223,030,478.99	\$8,757,849.08	\$67,071,685.05	\$298,860,013.12
18	2043	\$226,619,245.08	\$8,898,973.51	\$68,152,670.87	\$303,670,889.46
19	2044	\$230,265,757.96	\$9,042,372.03	\$69,251,078.85	\$308,559,208.84
20	2045	\$233,970,946.82	\$9,188,081.29	\$70,367,189.78	\$313,526,217.90
21	2046	\$237,735,755.84	\$9,336,138.53	\$71,501,288.97	\$318,573,183.34
22	2047	\$241,561,144.36	\$9,486,581.58	\$72,653,666.33	\$323,701,392.27
23	2048	\$245,448,087.17	\$9,639,448.87	\$73,824,616.47	\$328,912,152.51
24	2049	\$249,397,574.74	\$9,794,779.49	\$75,014,438.71	\$334,206,792.94
25	2050	\$253,410,613.48	\$9,952,613.13	\$76,223,437.22	\$339,586,663.82
26	2051	\$257,488,226.00	\$10,112,990.10	\$77,451,921.05	\$345,053,137.16
27	2052	\$261,631,451.36	\$10,275,951.42	\$78,700,204.26	\$350,607,607.04
28	2053	\$265,841,345.34	\$10,441,538.70	\$79,968,605.95	\$356,251,489.99
29	2054	\$270,118,980.70	\$10,609,794.28	\$81,257,450.37	\$361,986,225.35
30	2055	\$274,465,447.49	\$10,780,761.14	\$82,567,066.98	\$367,813,275.62

Tramo 2: 0+910 al 3+000

Costos de Operación Vehicular								
COV (\$/km)				Situación Sin Proyecto			TC	
Costo de Operación (\$/veh/km)				Costo de Operación (\$)			0.80%	
Año	A	B	C	A	B	C	Total	
0	2025			-	-	-	-	
1	2026	\$8.16	\$21.63	\$14.79	\$259,413,142.60	\$4,718,284.83	\$22,931,075.72	\$287,062,503.15
2	2027	\$8.23	\$21.80	\$14.91	\$263,580,355.32	\$4,794,079.36	\$23,299,440.52	\$291,673,875.20
3	2028	\$8.29	\$21.98	\$15.03	\$267,814,510.15	\$4,871,091.45	\$23,673,722.73	\$296,359,324.33
4	2029	\$8.36	\$22.15	\$15.15	\$272,116,682.44	\$4,949,340.67	\$24,054,017.41	\$301,120,040.52
5	2030	\$8.42	\$22.33	\$15.27	\$276,487,964.83	\$5,028,846.87	\$24,440,421.15	\$305,957,232.85
6	2031	\$8.49	\$22.51	\$15.39	\$280,929,467.49	\$5,109,630.27	\$24,833,032.07	\$310,872,129.84
7	2032	\$8.56	\$22.69	\$15.51	\$285,442,318.46	\$5,191,711.37	\$25,231,949.90	\$315,865,979.73
8	2033	\$8.63	\$22.87	\$15.64	\$290,027,663.86	\$5,275,111.02	\$25,637,275.95	\$320,940,050.83
9	2034	\$8.70	\$23.05	\$15.76	\$294,686,668.26	\$5,359,850.41	\$26,049,113.15	\$326,095,631.81
10	2035	\$8.77	\$23.24	\$15.89	\$299,420,514.89	\$5,445,951.04	\$26,467,566.10	\$331,334,032.04
11	2036	\$8.84	\$23.42	\$16.02	\$304,230,406.05	\$5,533,434.80	\$26,892,741.08	\$336,656,581.93
12	2037	\$8.91	\$23.61	\$16.14	\$309,117,563.29	\$5,622,323.90	\$27,324,746.07	\$342,064,633.26
13	2038	\$8.98	\$23.80	\$16.27	\$314,083,227.83	\$5,712,640.91	\$27,763,690.79	\$347,559,559.53
14	2039	\$9.05	\$23.99	\$16.40	\$319,128,660.80	\$5,804,408.77	\$28,209,686.72	\$353,142,756.29
15	2040	\$9.12	\$24.18	\$16.54	\$324,255,143.60	\$5,897,650.79	\$28,662,847.13	\$358,815,641.53
16	2041	\$9.20	\$24.38	\$16.67	\$329,463,978.23	\$5,992,390.66	\$29,123,287.11	\$364,579,656.00
17	2042	\$9.27	\$24.57	\$16.80	\$334,756,487.58	\$6,088,652.42	\$29,591,123.59	\$370,436,263.59
18	2043	\$9.34	\$24.77	\$16.94	\$340,134,015.79	\$6,186,460.53	\$30,066,475.40	\$376,386,951.73
19	2044	\$9.42	\$24.97	\$17.07	\$345,597,928.62	\$6,285,839.83	\$30,549,463.26	\$382,433,231.72
20	2045	\$9.49	\$25.17	\$17.21	\$351,149,613.75	\$6,386,815.57	\$31,040,209.84	\$388,576,639.15
21	2046	\$9.57	\$25.37	\$17.35	\$356,790,481.14	\$6,489,413.37	\$31,538,839.77	\$394,818,734.29
22	2047	\$9.65	\$25.57	\$17.48	\$362,521,963.43	\$6,593,659.31	\$32,045,479.69	\$401,161,102.43
23	2048	\$9.72	\$25.77	\$17.62	\$368,345,516.25	\$6,699,579.85	\$32,560,258.28	\$407,605,354.38
24	2049	\$9.80	\$25.98	\$17.76	\$374,262,618.63	\$6,807,201.90	\$33,083,306.27	\$414,153,126.80
25	2050	\$9.88	\$26.19	\$17.91	\$380,274,773.33	\$6,916,552.79	\$33,614,756.50	\$420,806,082.62
26	2051	\$9.96	\$26.40	\$18.05	\$386,383,507.29	\$7,027,660.30	\$34,154,743.95	\$427,565,911.54
27	2052	\$10.04	\$26.61	\$18.19	\$392,590,371.95	\$7,140,552.63	\$34,703,405.75	\$434,434,330.34
28	2053	\$10.12	\$26.82	\$18.34	\$398,896,943.69	\$7,255,258.47	\$35,260,881.26	\$441,413,083.42
29	2054	\$10.20	\$27.04	\$18.49	\$405,304,824.19	\$7,371,806.94	\$35,827,312.06	\$448,503,943.19
30	2055	\$10.28	\$27.25	\$18.63	\$411,815,640.89	\$7,490,227.65	\$36,402,842.00	\$455,708,710.54

Análisis Costo-Beneficio a nivel de perfil



Valor Tiempo								
Velocidad de Recorrido (km/hr)				Situación Sin Proyecto			Total	
				Valor Tiempo				
Año	A	B	C	A	B	C		
0	2025				-	-	-	-
1	2026	28.13	25.94	24.47	\$230,478,585.13	\$19,717,695.55	\$123,107,887.04	\$373,304,167.72
2	2027	27.90	25.74	24.27	\$234,195,981.67	\$20,035,722.90	\$125,093,498.12	\$379,325,202.68
3	2028	27.68	25.53	24.08	\$237,973,336.21	\$20,358,879.72	\$127,111,135.18	\$385,443,351.11
4	2029	27.46	25.33	23.89	\$241,811,615.83	\$20,687,248.75	\$129,161,314.78	\$391,660,179.36
5	2030	27.24	25.12	23.69	\$245,711,803.18	\$21,020,914.05	\$131,244,561.80	\$397,977,279.02
6	2031	27.02	24.92	23.50	\$249,674,896.78	\$21,359,961.05	\$133,361,409.57	\$404,396,267.39
7	2032	26.80	24.72	23.32	\$253,701,911.24	\$21,704,476.55	\$135,512,400.04	\$410,918,787.84
8	2033	26.59	24.53	23.13	\$257,793,877.55	\$22,054,548.75	\$137,698,083.92	\$417,546,510.22
9	2034	26.38	24.33	22.95	\$261,951,843.32	\$22,410,267.28	\$139,919,020.75	\$424,281,131.35
10	2035	26.17	24.13	22.76	\$266,176,873.05	\$22,771,723.21	\$142,175,779.15	\$431,124,375.41
11	2036	25.96	23.94	22.58	\$270,470,048.42	\$23,139,009.06	\$144,468,936.88	\$438,077,994.37
12	2037	25.75	23.75	22.40	\$274,832,468.56	\$23,512,218.89	\$146,799,081.02	\$445,143,768.47
13	2038	25.54	23.56	22.22	\$279,265,250.31	\$23,891,448.22	\$149,166,808.14	\$452,323,506.67
14	2039	25.34	23.37	22.04	\$283,769,528.54	\$24,276,794.16	\$151,572,724.40	\$459,619,047.10
15	2040	25.14	23.18	21.87	\$288,346,456.42	\$24,668,355.36	\$154,017,445.76	\$467,032,257.54
16	2041	24.94	23.00	21.69	\$292,997,205.72	\$25,066,232.06	\$156,501,598.11	\$474,565,035.88
17	2042	24.74	22.82	21.52	\$297,722,967.10	\$25,470,526.12	\$159,025,817.43	\$482,219,310.66
18	2043	24.54	22.63	21.35	\$302,524,950.44	\$25,881,341.06	\$161,590,749.97	\$489,997,041.47
19	2044	24.34	22.45	21.17	\$307,404,385.12	\$26,298,782.05	\$164,197,052.39	\$497,900,219.56
20	2045	24.15	22.27	21.00	\$312,362,520.37	\$26,722,955.95	\$166,845,391.95	\$505,930,868.26
21	2046	23.95	22.09	20.84	\$317,400,625.53	\$27,153,971.37	\$169,536,446.66	\$514,091,043.56
22	2047	23.76	21.92	20.67	\$322,519,990.46	\$27,591,938.65	\$172,270,905.47	\$522,382,834.58
23	2048	23.57	21.74	20.50	\$327,721,925.79	\$28,036,969.92	\$175,049,468.46	\$530,808,364.17
24	2049	23.38	21.57	20.34	\$333,007,763.30	\$28,489,179.11	\$177,872,846.99	\$539,369,789.40
25	2050	23.20	21.40	20.18	\$338,378,856.26	\$28,948,682.00	\$180,741,763.88	\$548,069,302.14
26	2051	23.01	21.22	20.02	\$343,836,579.75	\$29,415,596.22	\$183,656,953.61	\$556,909,129.59
27	2052	22.83	21.05	19.86	\$349,382,331.04	\$29,890,041.32	\$186,619,162.54	\$565,891,534.91
28	2053	22.64	20.89	19.70	\$355,017,529.92	\$30,372,138.77	\$189,629,149.04	\$575,018,817.73
29	2054	22.46	20.72	19.54	\$360,743,619.12	\$30,862,011.97	\$192,687,683.70	\$584,293,314.79
30	2055	22.28	20.55	19.38	\$366,562,064.59	\$31,359,786.36	\$195,795,549.56	\$593,717,400.51

CGV'S Anuales (\$)				
Año	A	B	C	Total
0	2025	-	-	-
1	2026	\$489,891,727.73	\$24,435,980.38	\$146,038,962.76
2	2027	\$497,776,336.99	\$24,829,802.26	\$148,392,938.64
3	2028	\$505,787,846.36	\$25,229,971.17	\$150,784,857.92
4	2029	\$513,928,298.27	\$25,636,589.41	\$153,215,332.20
5	2030	\$522,199,768.00	\$26,049,760.92	\$155,684,982.95
6	2031	\$530,604,364.27	\$26,469,591.32	\$158,194,441.64
7	2032	\$539,144,229.70	\$26,896,187.92	\$160,744,349.95
8	2033	\$547,821,541.42	\$27,329,659.78	\$163,335,359.86
9	2034	\$556,638,511.57	\$27,770,117.69	\$165,968,133.90
10	2035	\$565,597,387.94	\$28,217,674.25	\$168,643,345.25
11	2036	\$574,700,454.47	\$28,672,443.86	\$171,361,677.96
12	2037	\$583,950,031.85	\$29,134,542.78	\$174,123,827.10
13	2038	\$593,348,478.13	\$29,604,089.13	\$176,930,498.93
14	2039	\$602,898,189.34	\$30,081,202.93	\$179,782,411.12
15	2040	\$612,601,600.02	\$30,566,006.15	\$182,680,292.89
16	2041	\$622,461,183.95	\$31,058,622.72	\$185,624,885.22
17	2042	\$632,479,454.68	\$31,559,178.54	\$188,616,941.03
18	2043	\$642,658,966.23	\$32,067,801.59	\$191,657,225.37

Análisis Costo-Beneficio a nivel de perfil



19	2044	\$653,002,313.75	\$32,584,621.88	\$194,746,515.65	\$880,333,451.28
20	2045	\$663,512,134.12	\$33,109,771.52	\$197,885,601.79	\$894,507,507.42
21	2046	\$674,191,106.68	\$33,643,384.74	\$201,075,286.43	\$908,909,777.84
22	2047	\$685,041,953.90	\$34,185,597.96	\$204,316,385.17	\$923,543,937.02
23	2048	\$696,067,442.05	\$34,736,549.77	\$207,609,726.74	\$938,413,718.56
24	2049	\$707,270,381.93	\$35,296,381.01	\$210,956,153.26	\$953,522,916.20
25	2050	\$718,653,629.59	\$35,865,234.79	\$214,356,520.37	\$968,875,384.76
26	2051	\$730,220,087.04	\$36,443,256.52	\$217,811,697.56	\$984,475,041.12
27	2052	\$741,972,702.99	\$37,030,593.96	\$221,322,568.30	\$1,000,325,865.24
28	2053	\$753,914,473.61	\$37,627,397.23	\$224,890,030.30	\$1,016,431,901.15
29	2054	\$766,048,443.31	\$38,233,818.91	\$228,514,995.76	\$1,032,797,257.98
30	2055	\$778,377,705.47	\$38,850,014.01	\$232,198,391.57	\$1,049,426,111.05

Subtramo (PSV): 2+400 al 3+000

Costos de Operación Vehicular							
COV (\$/km)				Situación Sin Proyecto			TC
Costo de Operación (\$/veh/km)				Costo de Operación (\$)			0.80%
Año	A	B	C	A	B	C	Total
0 2025				-	-	-	-
1 2026	\$8.16	\$21.63	\$14.79	\$32,665,806.06	\$1,349,887.02	\$6,755,404.57	\$40,771,097.65
2 2027	\$8.23	\$21.80	\$14.91	\$33,190,549.57	\$1,371,571.60	\$6,863,923.39	\$41,426,044.56
3 2028	\$8.29	\$21.98	\$15.03	\$33,723,722.56	\$1,393,604.53	\$6,974,185.45	\$42,091,512.54
4 2029	\$8.36	\$22.15	\$15.15	\$34,265,460.44	\$1,415,991.39	\$7,086,218.77	\$42,767,670.60
5 2030	\$8.42	\$22.33	\$15.27	\$34,815,900.80	\$1,438,737.88	\$7,200,051.78	\$43,454,690.46
6 2031	\$8.49	\$22.51	\$15.39	\$35,375,183.43	\$1,461,849.77	\$7,315,713.42	\$44,152,746.61
7 2032	\$8.56	\$22.69	\$15.51	\$35,943,450.37	\$1,485,332.92	\$7,433,233.04	\$44,862,016.33
8 2033	\$8.63	\$22.87	\$15.64	\$36,520,845.96	\$1,509,193.31	\$7,552,640.49	\$45,582,679.76
9 2034	\$8.70	\$23.05	\$15.76	\$37,107,516.83	\$1,533,436.99	\$7,673,966.11	\$46,314,919.93
10 2035	\$8.77	\$23.24	\$15.89	\$37,703,611.98	\$1,558,070.12	\$7,797,240.70	\$47,058,922.80
11 2036	\$8.84	\$23.42	\$16.02	\$38,309,282.80	\$1,583,098.96	\$7,922,495.58	\$47,814,877.34
12 2037	\$8.91	\$23.61	\$16.14	\$38,924,683.12	\$1,608,529.86	\$8,049,762.54	\$48,582,975.53
13 2038	\$8.98	\$23.80	\$16.27	\$39,549,969.23	\$1,634,369.28	\$8,179,073.93	\$49,363,412.45
14 2039	\$9.05	\$23.99	\$16.40	\$40,185,299.94	\$1,660,623.79	\$8,310,462.57	\$50,156,386.30
15 2040	\$9.12	\$24.18	\$16.54	\$40,830,836.60	\$1,687,300.05	\$8,443,961.84	\$50,962,098.49
16 2041	\$9.20	\$24.38	\$16.67	\$41,486,743.15	\$1,714,404.84	\$8,579,605.65	\$51,780,753.64
17 2042	\$9.27	\$24.57	\$16.80	\$42,153,186.20	\$1,741,945.04	\$8,717,428.43	\$52,612,559.67
18 2043	\$9.34	\$24.77	\$16.94	\$42,830,334.98	\$1,769,927.65	\$8,857,465.20	\$53,457,727.83
19 2044	\$9.42	\$24.97	\$17.07	\$43,518,361.48	\$1,798,359.76	\$8,999,751.52	\$54,316,472.77
20 2045	\$9.49	\$25.17	\$17.21	\$44,217,440.44	\$1,827,248.61	\$9,144,323.53	\$55,189,012.59

Valor Tiempo

Velocidad de Recorrido (km/hr)					Situación Sin Proyecto			Total
					Valor Tiempo			
Año		A	B	C	A	B	C	
0	2025				-	-	-	-
1	2026	39.28	34.56	32.40	\$20,784,691.64	\$4,234,797.27	\$27,388,375.51	\$52,407,864.43
2	2027	38.96	34.28	32.14	\$21,119,928.60	\$4,303,100.46	\$27,830,123.51	\$53,253,152.56
3	2028	38.65	34.01	31.88	\$21,460,572.61	\$4,372,505.30	\$28,278,996.47	\$54,112,074.38
4	2029	38.34	33.74	31.63	\$21,806,710.88	\$4,443,029.58	\$28,735,109.31	\$54,984,849.77
5	2030	38.03	33.47	31.38	\$22,158,432.02	\$4,514,691.35	\$29,198,578.82	\$55,871,702.19



6	2031	37.73	33.20	31.12	\$22,515,826.09	\$4,587,508.95	\$29,669,523.64	\$56,772,858.67
7	2032	37.43	32.93	30.88	\$22,878,984.57	\$4,661,501.03	\$30,148,064.34	\$57,688,549.94
8	2033	37.13	32.67	30.63	\$23,248,000.45	\$4,736,686.53	\$30,634,323.44	\$58,619,010.42
9	2034	36.83	32.41	30.38	\$23,622,968.20	\$4,813,084.70	\$31,128,425.43	\$59,564,478.33
10	2035	36.54	32.15	30.14	\$24,003,983.82	\$4,890,715.10	\$31,630,496.81	\$60,525,195.73
11	2036	36.24	31.89	29.90	\$24,391,144.85	\$4,969,597.60	\$32,140,666.11	\$61,501,408.56
12	2037	35.95	31.64	29.66	\$24,784,550.41	\$5,049,752.40	\$32,659,063.95	\$62,493,366.76
13	2038	35.67	31.38	29.42	\$25,184,301.22	\$5,131,200.02	\$33,185,823.05	\$63,501,324.29
14	2039	35.38	31.13	29.19	\$25,590,499.63	\$5,213,961.31	\$33,721,078.26	\$64,525,539.20
15	2040	35.10	30.88	28.95	\$26,003,249.62	\$5,298,057.46	\$34,264,966.62	\$65,566,273.70
16	2041	34.82	30.64	28.72	\$26,422,656.87	\$5,383,510.00	\$34,817,627.37	\$66,623,794.25
17	2042	34.54	30.39	28.49	\$26,848,828.76	\$5,470,340.81	\$35,379,202.01	\$67,698,371.57
18	2043	34.26	30.15	28.26	\$27,281,874.39	\$5,558,572.11	\$35,949,834.30	\$68,790,280.79
19	2044	33.99	29.91	28.04	\$27,721,904.62	\$5,648,226.50	\$36,529,670.34	\$69,899,801.45
20	2045	33.72	29.67	27.81	\$28,169,032.11	\$5,739,326.93	\$37,118,858.57	\$71,027,217.60

CGV'S Anuales (\$)					
Año		A	B	C	Total
0	2025	-	-	-	-
1	2026	\$53,450,497.70	\$5,584,684.29	\$34,143,780.08	\$93,178,962.08
2	2027	\$54,310,478.17	\$5,674,672.06	\$34,694,046.89	\$94,679,197.12
3	2028	\$55,184,295.17	\$5,766,109.83	\$35,253,181.92	\$96,203,586.92
4	2029	\$56,072,171.32	\$5,859,020.97	\$35,821,328.08	\$97,752,520.37
5	2030	\$56,974,332.82	\$5,953,429.23	\$36,398,630.60	\$99,326,392.65
6	2031	\$57,891,009.51	\$6,049,358.71	\$36,985,237.05	\$100,925,605.28
7	2032	\$58,822,434.95	\$6,146,833.95	\$37,581,297.38	\$102,550,566.27
8	2033	\$59,768,846.41	\$6,245,879.84	\$38,186,963.93	\$104,201,690.18
9	2034	\$60,730,485.03	\$6,346,521.69	\$38,802,391.54	\$105,879,398.26
10	2035	\$61,707,595.80	\$6,448,785.22	\$39,427,737.51	\$107,584,118.53
11	2036	\$62,700,427.65	\$6,552,696.56	\$40,063,161.69	\$109,316,285.90
12	2037	\$63,709,233.53	\$6,658,282.26	\$40,708,826.50	\$111,076,342.29
13	2038	\$64,734,270.45	\$6,765,569.30	\$41,364,896.98	\$112,864,736.74
14	2039	\$65,775,799.57	\$6,874,585.10	\$42,031,540.83	\$114,681,925.50
15	2040	\$66,834,086.22	\$6,985,357.51	\$42,708,928.46	\$116,528,372.20
16	2041	\$67,909,400.03	\$7,097,914.84	\$43,397,233.02	\$118,404,547.89
17	2042	\$69,002,014.96	\$7,212,285.85	\$44,096,630.44	\$120,310,931.24
18	2043	\$70,112,209.36	\$7,328,499.76	\$44,807,299.50	\$122,248,008.62
19	2044	\$71,240,266.10	\$7,446,586.26	\$45,529,421.86	\$124,216,274.22
20	2045	\$72,386,472.55	\$7,566,575.54	\$46,263,182.10	\$126,216,230.19

Fuente: Memoria de cálculo

5. Alternativas de Solución

Para la evaluación se consideró una tasa social de descuento de 10% conforme a lo señalado por la Unidad de Inversiones en su oficio circular número 400.1.410.14.009 de fecha 25 de julio de 2022.¹³

¹³ https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/748091/OFICIO_234_25_JULIO_2022_act_TSD_.pdf



La selección de alternativas es parte del proceso de decisión de proyectos. Normalmente es necesaria la evaluación comparativa de los costos y beneficios de las alternativas mutuamente excluyentes. Si las alternativas tienen diferencias en los beneficios y calidad de servicio, entonces se debe considerar un análisis de costo – beneficio para cada una de ellas.

Desde el punto de vista de que se pudiera considerar una alternativa al camino, de iguales prestaciones en conectividad, trazo y alcance no se encontró ninguna mutuamente excluyente a la del proyecto, ya que todas las posibles alternativas presentan aspectos en que se encuentran en una red incompleta o con interferencias o en las mismas condiciones que las del proyecto. Se podrían mencionar las siguientes posibles alternativas:

Las alternativas de solución analizadas para el proyecto son:

Alternativa A.-Realizar trabajos en el camino de referencia con losas de concreto hidráulico tiene como **ventajas** su bajo costo y una vida útil prolongada siempre y cuando se realicen los trabajos de mantenimiento necesarios periódicamente además de ser buena opción de desplazamiento y por consiguiente reducción de los costos generalizados de viaje de los usuarios. **Desventajas** mayores molestias, pues al ser concreto hidráulico, se requiere un tiempo de ejecución mas específico para el fraguado. Derivado de lo anterior, se considera que esta alternativa es la técnica y económicamente más conveniente. **Tiempo de Ejecución:** 4 meses

A continuación, se describen los trabajos correspondientes a los mantenimientos del camino No. 3527 (México - Cuautla) - Santa Bárbara - Central, en el tramo del km. 0+000 al km. 3+000, en el municipio de Ixtapaluca- PROYECTO ZONA ORIENTE.

✓ **Conservación Rutinaria (Cada año)**

En este Subprograma se realizan las labores que tienen como fin conservar en buenas condiciones la superficie de rodadura, las zonas laterales, las obras de drenaje y subdrenaje, el cercado, los cortes, terraplenes y todos los elementos del camino dentro de la franja del derecho de vía.¹⁴

- Limpieza de pavimento: Consiste en la eliminación de todo tipo de residuos acumulados, como polvo, tierra, arena, vegetación, manchas de aceite o combustibles, e incluso restos de materiales de reparaciones anteriores. Esta labor se realiza mediante barrido manual o mecánico, lavado con agua a presión o el uso de productos desengrasantes en zonas contaminadas con hidrocarburos.
- Señalamiento horizontal: Consiste en el conjunto de marcas y dispositivos que se pintan o colocan sobre el pavimento, guarniciones y estructuras, dentro o adyacentes al arroyo vial, con el propósito de delinear las características geométricas de las carreteras y vialidades urbanas.
- Sellado de grietas en losas: Sellado de discontinuidades en losas de concreto es una intervención preventiva destinada a mitigar la penetración de fluidos y partículas que generan deterioro acelerado.
- Marca en guarniciones Rayas que se pintan sobre las guarniciones adyacentes a las vialidades.

✓ **Conservación Periódica**

¹⁴ GUÍA DE PROCEDIMIENTOS Y TÉCNICAS PARA LA CONSERVACIÓN DE CARRETERAS EN MÉXICO 2014-SCT



Se denomina conservación periódica a todas las obras de rehabilitación que en forma periódica o eventual son necesarias para que en un camino ofrezca las condiciones adecuadas de servicio.

Las actividades principales que constituyen la conservación periódica son: recuperación de pavimentos, renivelación, tratamientos superficiales, bacheo profundo, rehabilitación de terraplenes, rehabilitación de bases, rehabilitación de carpetas, riegos de sello, restitución de señalamiento horizontal y obras de prevención de derrumbes.¹⁵

Dentro de la conservación periódica se consideran 2 tipos siendo estas las siguientes:

✓ **Conservación Periódica (Reparación de desconchaduras pavimento) (Cada 3 años)**

- Limpieza de pavimento: Consiste en la eliminación de todo tipo de residuos acumulados, como polvo, tierra, arena, vegetación, manchas de aceite o combustibles, e incluso restos de materiales de reparaciones anteriores. Esta labor se realiza mediante barrido manual o mecánico, lavado con agua a presión o el uso de productos desengrasantes en zonas contaminadas con hidrocarburos.
- Sellado de juntas: Son las actividades que se realizan para sellar las grietas y juntas en carpetas de concreto hidráulico, con el propósito de evitar la entrada de cuerpos extraños entre las losas, así como de prevenir la infiltración del agua proveniente de escurrimientos superficiales, hacia las capas inferiores que integran la estructura del pavimento, evitando su consecuente pérdida de resistencia, así como la degradación o deterioro de dicha estructura o de la grieta o junta en sí, debido a la concentración de esfuerzos.
- Reparación de desconchamientos de pavimentos: Consiste en reparar desconchaduras mayores de 15 cm x 4 cm en planta, mediante la remoción parcial de la losa en la zona de la desconchadura, el rasante y, en su caso, el remplazo del sello de la junta, a fin de restablecer las características de comodidad y seguridad de la superficie de rodadura y evitar la degradación de la losa.
- Señalamiento horizontal: Consiste en el conjunto de marcas y dispositivos que se pintan o colocan sobre el pavimento, guarniciones y estructuras, dentro o adyacentes al arroyo vial, con el propósito de delinear las características geométricas de las carreteras y vialidades urbanas.

✓ **Conservación Periódica (Reposición parcial de losas de concreto) Cada 10 años:**

- Limpieza de pavimento: Consiste en la eliminación de todo tipo de residuos acumulados, como polvo, tierra, arena, vegetación, manchas de aceite o combustibles, e incluso restos de materiales de reparaciones anteriores. Esta labor se realiza mediante barrido manual o mecánico, lavado con agua a presión o el uso de productos desengrasantes en zonas contaminadas con hidrocarburos.
- Recorte losa de concreto hidráulico de 20 cm: Consiste en cortar secciones deterioradas o específicas del pavimento de concreto. Este procedimiento permite la reparación o sustitución de tramos dañados, mejorando la seguridad y durabilidad de la vía.

¹⁵ GUÍA DE PROCEDIMIENTOS Y TÉCNICAS PARA LA CONSERVACIÓN DE CARRETERAS EN MÉXICO 2014-SCT



- Reposición de losas de concreto hidráulico de 20 cm de espesor: Se construyen mediante la colocación de una mezcla de agregados pétreos, cemento Portland y agua, para proporcionar al usuario una superficie de rodadura uniforme, bien drenada, resistente al derrapamiento, cómoda y segura. Se repondrán totalmente aquellas losas con dos o más fracturas transversales.
- Señalamiento horizontal: Consiste en el conjunto de marcas y dispositivos que se pintan o colocan sobre el pavimento, guarniciones y estructuras, dentro o adyacentes al arroyo vial, con el propósito de delinear las características geométricas de las carreteras y vialidades urbanas.

Estos trabajos son diferentes a una Rehabilitación ya que se considera como Rehabilitación a la modificación parcial o total de las diferentes capas que componen la estructura del pavimento.

Los periodos de ejecución de dichos mantenimientos se determinaron con base en la Guía De Procedimientos Y Técnicas Para La Conservación De Carreteras En México 2014 la cual nos dice “Para determinar las acciones de mantenimiento es necesario auscultar la red de carreteras para conocer sus condiciones actuales. Los resultados de la evaluación permiten conocer el estado físico de cada tramo y clasificarlos, determinando sus niveles de atención. Con base en esto, las áreas responsables pueden determinar las acciones de conservación de la red, previa la formulación de los estudios y proyectos ejecutivos correspondientes de cada tramo o subtramos, para asegurar condiciones óptimas de funcionamiento en cuanto a servicio y seguridad para los usuarios,”.¹⁶

Con base en lo anterior y en datos obtenidos en campo de proyectos similares la subdirección de Estudios y Proyectos de la Junta de Caminos del Estado de México, ha determinado que los tiempos de ejecución serán los siguientes:

- Conservación rutinaria: Anualmente
- Conservación periódica:
 - ✓ Reparación de desconchaduras pavimento: Cada 3 años
 - ✓ Reposición parcial de losas de concreto: Cada 15 años

Para el presente proyecto no se consideran trabajos de rehabilitación en el análisis de estudio ya que el periodo de evaluación es de 30 años, y los trabajos de rehabilitación serán tomados en cuenta en el año 31.

Tabla 32 Mantenimiento de alternativa A

TRAMO 1+ TRAMO 2				
DATOS				
LONGITUD =		3000.00		M
ANCHO =		18.92		M
ÁREA =		56756.00		M ²
LOSA DE CONCRETO HIDRÁULICO				
CONSERVACIÓN RUTINARIA (1 AÑO)				
CONCEPTOS	CANTIDAD	UNIDAD	PRECIO	IMPORTE
Limpieza de pavimento	56756.00	m2	\$3.08	\$174,808.48
Señalamiento horizontal	12000.00	m2	\$19.00	\$228,000.00

¹⁶ GUÍA DE PROCEDIMIENTOS Y TÉCNICAS PARA LA CONSERVACIÓN DE CARRETERAS EN MÉXICO 2014-SCT

Análisis Costo-Beneficio a nivel de perfil



Sellado de grietas en losas	851.34	m3	\$5,800.00	\$4,937,772.00
marca en guarniciones	10840.49	m	\$55.99	\$606,959.01
TOTAL =				\$5,947,500.00

CONSERVACIÓN PERIÓDICA (3 AÑOS)				
CONCEPTOS	CANTIDAD	UNIDAD	PRECIO	IMPORTE
Limpieza de pavimento	56756.00	m2	\$3.08	\$174,808.48
Sellado de juntas	11108.00	m	\$75.00	\$833,100.00
Reparación de desconchaduras pav	2270.24	m3	\$5,000.00	\$11,351,200.00
Señalamiento horizontal	12000.00	m	\$19.00	\$228,000.00
TOTAL =				\$12,587,100.00

CONSERVACIÓN PERIÓDICA (15 AÑOS)				
CONCEPTOS	CANTIDAD	UNIDAD	PRECIO	IMPORTE
Limpieza de pavimento	56756.00	m2	\$3.08	\$174,808.48
Recorte de losa de concreto de 20 cm	3632.38	M3	\$600.00	\$2,179,430.40
Losa de concreto hidráulico de 20 cm	3632.38	M3	\$5,000.00	\$18,161,920.00
Señalamiento horizontal	12000.00	m	\$19.00	\$228,000.00
TOTAL =				\$20,744,200.00

CONSERVACIÓN RUTINARIA (1 AÑO)	\$5,947,500.00
CONSERVACIÓN PERIÓDICA (3 AÑOS)	\$12,587,100.00
CONSERVACIÓN PERIÓDICA (15 AÑOS)	\$20,744,200.00

SUBTRAMO (PSV)			
DATOS			
LONGITUD =	600.00	M	
ANCHO =	21.00	M	
ÁREA =	12600.00	M ²	

CARPETA ASFÁLTICA				
CONSERVACIÓN RUTINARIA (1 AÑO)				
CONCEPTOS	CANTIDAD	UNIDAD	PRECIO	IMPORTE
Limpieza de pavimento	12600.00	m2	\$3.08	\$38,808.00
Bacheo aislado de 5 cm	189.00	m3	\$6,350.00	\$1,200,150.00
Señalamiento horizontal	6000.00	PZA	\$19.00	\$114,000.00
TOTAL =				\$1,353,000.00

CON IVA \$ 1,569,480.00

CONSERVACIÓN PERIÓDICA (3 AÑOS)				
CONCEPTOS	CANTIDAD	UNIDAD	PRECIO	IMPORTE
Limpieza de pavimento	12600.00	m2	\$3.08	\$38,808.00
Bacheo aislado de 5 cm	283.50	m3	\$6,200.00	\$1,757,700.00
Renivelaciones de 3cm	7.56	m3	\$6,350.00	\$48,006.00
Señalamiento horizontal	12000.00	pza	\$19.00	\$228,000.00
TOTAL=				\$2,072,500.00



CONSERVACIÓN PERIÓDICA (10 AÑOS)				
CONCEPTOS		UNIDAD	PRECIO	IMPORTE
Limpieza de pavimento	12600.00	m2	\$3.08	\$38,808.00
Fresado de carpeta de 5 cm	567.00	M3	\$460.00	\$260,820.00
Sobre carpeta de 5 cm	567.00	M3	\$6,300.00	\$3,572,100.00
Señalamiento horizontal	24000.00	pza	\$19.00	\$456,000.00
TOTAL=				\$4,327,700.00

CONSERVACIÓN RUTINARIA (1 AÑO)	\$1,353,000.00
CONSERVACIÓN PERIÓDICA (3 AÑOS)	\$2,072,500.00
CONSERVACIÓN PERIÓDICA (10 AÑOS)	\$4,327,700.00

Fuente: Elaboración propia

Alternativa B.-Realizar trabajos de mejoramiento de la superficie de rodamiento del camino con **losas de concreto hidráulico estampado**. Tiene como **ventajas**, una mayor estética a lugar en donde se coloque, mayor resistencia y adaptación a los vehículos que circulen por la carretera. **Desventajas** Inversión inicial elevada por materiales (concreto hidráulico estampado), molestias temporales durante la ejecución (demoliciones, cortes de tránsito y estampado).

Tiempo de Ejecución: 5 meses

A continuación, se describen los trabajos correspondientes a los mantenimientos de la alternativa B del camino No. 3527 (México - Cuautla) - Santa Bárbara - Central, en el tramo del km. 0+000 al km. 3+000.

✓ **Conservación Rutinaria (Cada año)**

En este Subprograma se realizan las labores que tienen como fin conservar en buenas condiciones la superficie de rodadura, las zonas laterales, las obras de drenaje y subdrenaje, el cercado, los cortes, terraplenes y todos los elementos del camino dentro de la franja del derecho de vía.¹⁷

- Limpieza de pavimento: Consiste en la eliminación de todo tipo de residuos acumulados, como polvo, tierra, arena, vegetación, manchas de aceite o combustibles, e incluso restos de materiales de reparaciones anteriores. Esta labor se realiza mediante barrido manual o mecánico, lavado con agua a presión o el uso de productos desengrasantes en zonas contaminadas con hidrocarburos.
- Señalamiento horizontal: Consiste en el conjunto de marcas y dispositivos que se pintan o colocan sobre el pavimento, guarniciones y estructuras, dentro o adyacentes al arroyo vial, con el propósito de delinear las características geométricas de las carreteras y vialidades urbanas.
- Sellado de grietas en losas: Sellado de discontinuidades en losas de concreto es una intervención preventiva destinada a mitigar la penetración de fluidos y partículas que generan deterioro acelerado.
- Marca en guarniciones Rayas que se pintan sobre las guarniciones adyacentes a las vialidades.

¹⁷ GUÍA DE PROCEDIMIENTOS Y TÉCNICAS PARA LA CONSERVACIÓN DE CARRETERAS EN MÉXICO 2014-SCT



✓ **Conservación Periódica**

Se denomina conservación periódica a todas las obras de rehabilitación que en forma periódica o eventual son necesarias para que en un camino ofrezca las condiciones adecuadas de servicio.

Las actividades principales que constituyen la conservación periódica son: recuperación de pavimentos, renivelación, tratamientos superficiales, bacheo profundo, rehabilitación de terraplenes, rehabilitación de bases, rehabilitación de carpetas, riegos de sello, restitución de señalamiento horizontal y obras de prevención de derrumbes.¹⁸

Dentro de la conservación periódica se consideran 2 tipos siendo estas las siguientes:

✓ **Conservación Periódica (Reparación de desconchaduras pavimento) (Cada 3 años)**

- Limpieza de pavimento: Consiste en la eliminación de todo tipo de residuos acumulados, como polvo, tierra, arena, vegetación, manchas de aceite o combustibles, e incluso restos de materiales de reparaciones anteriores. Esta labor se realiza mediante barrido manual o mecánico, lavado con agua a presión o el uso de productos desengrasantes en zonas contaminadas con hidrocarburos.
- Sellado de juntas: Son las actividades que se realizan para sellar las grietas y juntas en carpetas de concreto hidráulico, con el propósito de evitar la entrada de cuerpos extraños entre las losas, así como de prevenir la infiltración del agua proveniente de escurrimientos superficiales, hacia las capas inferiores que integran la estructura del pavimento, evitando su consecuente pérdida de resistencia, así como la degradación o deterioro de dicha estructura o de la grieta o junta en sí, debido a la concentración de esfuerzos.
- Reparación de desconchamientos de pavimentos: Consiste en reparar desconchaduras mayores de 15 cm x 4 cm en planta, mediante la remoción parcial de la losa en la zona de la desconchadura, el rasante y, en su caso, el remplazo del sello de la junta, a fin de restablecer las características de comodidad y seguridad de la superficie de rodadura y evitar la degradación de la losa.
- Señalamiento horizontal: Consiste en el conjunto de marcas y dispositivos que se pintan o colocan sobre el pavimento, guarniciones y estructuras, dentro o adyacentes al arroyo vial, con el propósito de delinear las características geométricas de las carreteras y vialidades urbanas.

✓ **Conservación Periódica (Reposición parcial de losas de concreto) Cada 15 años:**

- Limpieza de pavimento: Consiste en la eliminación de todo tipo de residuos acumulados, como polvo, tierra, arena, vegetación, manchas de aceite o combustibles, e incluso restos de materiales de reparaciones anteriores. Esta labor se realiza mediante barrido manual o mecánico, lavado con agua a presión o el uso de productos desengrasantes en zonas contaminadas con hidrocarburos.
- Recorte losa de concreto hidráulico de 20 cm: Consiste en cortar secciones deterioradas o específicas del pavimento de concreto. Este procedimiento permite la reparación o sustitución de tramos dañados, mejorando la seguridad y durabilidad de la vía.

¹⁸ GUÍA DE PROCEDIMIENTOS Y TÉCNICAS PARA LA CONSERVACIÓN DE CARRETERAS EN MÉXICO 2014-SCT



- Reposición de losas de concreto hidráulico de 20 cm de espesor: Se construyen mediante la colocación de una mezcla de agregados pétreos, cemento Portland y agua, para proporcionar al usuario una superficie de rodadura uniforme, bien drenada, resistente al derrapamiento, cómoda y segura. Se repondrán totalmente aquellas losas con dos o más fracturas transversales.
- Señalamiento horizontal: Consiste en el conjunto de marcas y dispositivos que se pintan o colocan sobre el pavimento, guarniciones y estructuras, dentro o adyacentes al arroyo vial, con el propósito de delinear las características geométricas de las carreteras y vialidades urbanas.

Al igual que en la alternativa A los periodos de ejecución de dichos mantenimientos se determinaron con base en la Guía de Procedimientos y Técnicas para la Conservación de Carreteras en México 2014.

Con base en lo anterior y en datos obtenidos en campo de proyectos similares la subdirección de Estudios y Proyectos de la Junta de Caminos del Estado de México, ha determinado que los tiempos de ejecución serán los siguientes:

- Conservación rutinaria: Anualmente.
- Conservación periódica:
 - ✓ Reparación de desconchaduras pavimento: Cada 3 años
 - ✓ Reposición parcial de losas de concreto: Cada 15 años

Para el presente proyecto no se consideran trabajos de Rehabilitación en el análisis de estudio ya que el periodo de evaluación es de 30 años, y los trabajos de Rehabilitación serán tomados en cuentas en el año 31.

Tabla 33 Mantenimiento alternativa B

DATOS				
	TRAMO COMPLETO	PSV		
LONGITUD =	3000	600	3000.00	M
ANCHO =	18.92	21.00	18.96	M
ÁREA =	56756.00	12600.00	69356.00	M ²
LOSA DE CONCRETO HIDRÁULICO ESTAMPADO				
CONSERVACIÓN RUTINARIA (1 AÑO)				
CONCEPTOS	CANTIDAD	UNIDAD	PRECIO	IMPORTE
Limpieza de pavimento	69356.00	m2	\$3.08	\$213,616.48
Señalamiento horizontal	12000.00	m2	\$19.00	\$228,000.00
Sellado de grietas en losas	1040.34	m3	\$5,800.00	\$6,033,972.00
marca en guarniciones	10840.49	m	\$55.99	\$606,959.01
TOTAL =				\$7,082,500.00
CONSERVACIÓN PERIÓDICA (3 AÑOS)				
CONCEPTOS	CANTIDAD	UNIDAD	PRECIO	IMPORTE
Limpieza de pavimento	69356.00	m2	\$3.08	\$213,616.48
Sellado de juntas	11125.71	m	\$75.00	\$834,428.57
Reparación de desconchaduras pav	2774.24	m3	\$5,000.00	\$13,871,200.00
Señalamiento horizontal	12000.00	m	\$19.00	\$228,000.00
TOTAL =				\$15,147,200.00



CONSERVACIÓN PERIÓDICA (15 AÑOS)				
CONCEPTOS	CANTIDAD	UNIDAD	PRECIO	IMPORTE
Limpieza de pavimento	69356.00	m2	\$3.08	\$213,616.48
Recorte de losa de concreto de 20 cm	4438.78	M3	\$600.00	\$2,663,270.40
Losa de concreto hidráulico de 20 cm	4438.78	M3	\$5,000.00	\$22,193,920.00
Señalamiento horizontal	12000.00	m	\$19.00	\$228,000.00
TOTAL =				\$25,298,800.00

CONSERVACIÓN RUTINARIA (1 AÑO)	\$7,082,500.00
CONSERVACIÓN PERIÓDICA (3 AÑOS)	\$15,147,200.00
CONSERVACIÓN PERIÓDICA (15 AÑOS)	\$25,298,800.00

Fuente: Elaboración propia

Dado que el procedimiento de colocación de losas de concreto hidráulico estampado requiere mayor cantidad de mano de obra en comparación con el proceso de losas de concreto hidráulico normales, se concluye que los tiempos de ejecución son los siguientes:

Tabla 34 Tiempo de ejecución de las alternativas

Tipo de trabajo	Tiempo de ejecución
Losa de Concreto Hidráulico	4 meses
Losa de Concreto Hidráulico estampado	5 meses

Fuente: Elaboración propia

Costos por molestia

Aunado a lo anterior y para no sobre valorar los beneficios del proyecto se considerarán costos por molestias durante la ejecución; los cuales se presentan durante la construcción del proyecto ya que se procederá a cerrar la circulación de un carril por sentido vehicular habilitando únicamente un carril para la circulación de cada sentido.

Sin embargo, debido a que la metodología del CEPEP 2004 no considera los costos por molestias se tomará como referencia exclusiva la Metodología para la Evaluación de Proyectos de Carreteras para los **costos por molestia**.

Los costos por molestias son resultado del incremento temporal del CGV provocado por la congestión existente durante la construcción del proyecto. De acuerdo con la Metodología para la Evaluación de Proyectos de Carreteras los costos por molestia se calculan de la siguiente manera ¹⁹

$$\text{Costos por Molestias} = CGV_c - CGV_0$$

Dónde:

CGV_c es el costo generalizado durante la ejecución del proyecto

CGV₀ es el costo generalizado de viaje de la situación sin proyecto

Dichos costos serán determinados por la diferencia de los CGV's de la situación sin proyecto y los CGV's calculados con las velocidades promedios que se presentarían durante la construcción, presentando así un costo anual por molestias.

¹⁹ Metodología para la Evaluación de Proyectos de Carreteras, Parte 2.

https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/21457/Met_Carreteras_Parte2.pdf

Análisis Costo-Beneficio a nivel de perfil



En la siguiente tabla se muestra el costo por molestias por tramo.

Tabla 35 Costos por molestia

Tramo 1: 0+000 al 0+910				
Situación Sin Proyecto				
Velocidad promedio (km/h)				
Año		A	B	C
0	2025	35	32	30
Durante la Construcción				
Velocidad promedio (km/h)				
Año		A	B	C
0	2025	18	16	15
CGV Actual				
Año		A	B	C
0	2025	\$171,388,864.50	\$6,727,561.14	\$51,520,505.31
Total		\$229,636,930.95		
CGV Total Anual				
A		B	C	Total
-\$121,149,156.34		-\$5,952,074.73	-\$46,699,993.34	-\$173,801,224.41

Tramo 2: 0+910 al 3+000				
Situación Sin Proyecto				
COV (\$/km)				
Año		A	B	C
0	2025	\$ 8.16	\$ 21.63	\$ 14.79
Durante la Construcción				
COV (\$/km)				
Año		A	B	C
0	2025	\$ 12.24	\$ 32.45	\$ 22.19
CGV Durante la Construcción				
Año		A	B	C
0	2025	\$292,538,020.84	\$12,679,635.87	\$98,220,498.65
		\$403,438,155.36		

Tramo 2: 0+910 al 3+000				
Situación Sin proyecto				
Velocidad promedio (km/h)				
Año		A	B	C
0	2025	28	26	24
Durante la Construcción				
Velocidad promedio (km/h)				
Año		A	B	C
0	2025	14	13	12
CGV Actual				
Año		A	B	C
0	2025	\$486,003,698.15	\$24,242,044.03	\$144,879,923.37
Total		\$655,125,665.55		
CGV Total Anual				
A		B	C	Total
-\$357,326,544.08		-\$21,901,624.97	-\$133,505,381.84	-\$512,733,550.89

Subtramo (PSV): 2+400 al 3+000				
Situación Sin proyecto				
Velocidad promedio (km/h)				
Año		A	B	C
0	2025	39	35	32
Durante la Construcción				
Velocidad promedio (km/h)				
Año		A	B	C
0	2025	20	17	16
CGV Actual				
Año		A	B	C
0	2025	\$53,026,287.40	\$5,540,361.40	\$33,872,797.70
Total		\$92,439,446.50		
CGV Total Anual				
A		B	C	Total
-\$36,823,010.59		-\$4,870,774.59	-\$30,521,902.58	-\$72,215,687.75

Tramo 2: 0+910 al 3+000				
Situación Sin Proyecto				
COV (\$/km)				
Año		A	B	C
0	2025	\$ 8.16	\$ 21.63	\$ 14.79
Durante la Construcción				
COV (\$/km)				
Año		A	B	C
0	2025	\$ 12.24	\$ 32.45	\$ 22.19
CGV Durante la Construcción				
Año		A	B	C
0	2025	\$843,330,242.22	\$46,143,669.00	\$278,385,305.21
		\$1,167,859,216.43		

Tramo 2: 0+910 al 3+000				
Situación Sin Proyecto				
COV (\$/km)				
Año		A	B	C
0	2025	\$ 8.16	\$ 21.63	\$ 14.79
Durante la Construcción				
COV (\$/km)				
Año		A	B	C
0	2025	\$ 12.24	\$ 32.45	\$ 22.19
CGV Durante la Construcción				
Año		A	B	C
0	2025	\$89,849,297.99	\$10,411,135.99	\$64,394,700.27
		\$164,655,134.25		

Costos por molestias totales		
Tramo	Costos por molestia	
	Anuales	Mensuales
Tramo 1	\$ 173,801,224.41	\$ 14,483,435.37
Tramo 2	\$ 512,733,550.89	\$ 42,727,795.91
Subtramo (PSV)	\$ 72,215,687.75	\$ 6,017,973.98
Total	\$ 758,750,463.05	\$ 63,229,205.25

Análisis Costo-Beneficio a nivel de perfil



Costos por molestia de las alternativas		
Alternativa	Tiempo de ejecución (MESES)	Costos por molestia
A	4	\$ 252,916,821.02
B	6	\$ 379,375,231.52

Fuente: Elaboración propia

Debido a que el periodo de ejecución de la Alternativa A es menor, los costos por molestia para este caso se reducen a efecto del tiempo de la realización de los trabajos, ya que solamente se cerrará la circulación de un carril por sentido vehicular por 4 meses. En caso contrario sucede con la alternativa B, la cual presenta mayor costo por molestia a causa de que el periodo de ejecución para realizar una carpeta con concreto hidráulico estampado es mayor.

Para ello se realizó la comparación entre el costo anual equivalente de mejorar el camino con superficie de rodadura de concreto hidráulico o realizar el proyecto con carpeta asfáltica.

Tabla 36 Costo Anual Equivalente de las Alternativas (CAE)

Costo Anual Equivalente		
Indicador	Valor	Longitud
Costo Anual Equivalente (CAE) de la alternativa 1: Concreto hidráulico	\$50,429,370.18	3.00 km
Costo Anual Equivalente (CAE) de la alternativa 2: Concreto hidráulico estampado	\$65,855,055.27	

Fuente: Elaboración propia

Los resultados del análisis comparativo del CAE arrojan que la mejor alternativa para la edificación lo constituyen las losas de concreto hidráulico normales, es la mejor propuesta.

Costo Anual Equivalente – Propuesta Aceptada

Tabla 37 Costo Anual Equivalente de las Alternativa A

Alternativa A						
Inversión C/IVA \$ 161,227,823.85		Inversión S/IVA \$138,989,503.32		Tasa de descuento 10.00%	Vida útil (Años) 30	
Año	Inversión	Mantenimiento	Molestias	Total	VPC	CAE
0	138,989,503.32	0.00	252,916,821.02	391,906,324.33	391,906,324.33	41,573,128.27
1		7,300,500.00		7,300,500.00	6,636,818.18	704,028.68
2		7,300,500.00		7,300,500.00	6,033,471.07	640,026.08
3		14,659,600.00		14,659,600.00	11,013,974.46	1,168,354.13
4		7,300,500.00		7,300,500.00	4,986,339.73	528,947.17
5		7,300,500.00		7,300,500.00	4,533,036.12	480,861.06
6		14,659,600.00		14,659,600.00	8,274,962.03	877,801.75
7		7,300,500.00		7,300,500.00	3,746,310.84	397,405.84
8		7,300,500.00		7,300,500.00	3,405,737.13	361,278.03
9		14,659,600.00		14,659,600.00	6,217,101.45	659,505.45
10		10,275,200.00		10,275,200.00	3,961,534.41	420,236.59
11		7,300,500.00		7,300,500.00	2,558,780.71	271,433.53
12		14,659,600.00		14,659,600.00	4,671,000.34	495,496.20
13		7,300,500.00		7,300,500.00	2,114,694.80	224,325.24
14		7,300,500.00		7,300,500.00	1,922,449.82	203,932.03
15		22,816,700.00		22,816,700.00	5,462,136.57	579,419.34
16		7,300,500.00		7,300,500.00	1,588,801.51	168,538.87
17		7,300,500.00		7,300,500.00	1,444,365.01	153,217.15
18		14,659,600.00		14,659,600.00	2,636,657.92	279,694.69
19		7,300,500.00		7,300,500.00	1,193,690.09	126,625.75
20		7,300,500.00		7,300,500.00	1,085,172.81	115,114.32

Análisis Costo-Beneficio a nivel de perfil



Alternativa A						
Inversión C/IVA \$ 161,227,823.85		Inversión S/IVA \$138,989,503.32		Tasa de descuento 10.00%	Vida útil (Años) 30	
Año	Inversión	Mantenimiento	Molestias	Total	VPC	CAE
21		12,587,100.00		12,587,100.00	1,700,902.01	180,430.41
22		5,947,500.00		5,947,500.00	730,626.43	77,504.30
23		5,947,500.00		5,947,500.00	664,205.84	70,458.46
24		12,587,100.00		12,587,100.00	1,277,912.85	135,560.03
25		5,947,500.00		5,947,500.00	548,930.45	58,230.13
26		5,947,500.00		5,947,500.00	499,027.68	52,936.48
27		12,587,100.00		12,587,100.00	960,114.84	101,848.26
28		5,947,500.00		5,947,500.00	412,419.57	43,749.16
29		5,947,500.00		5,947,500.00	374,926.88	39,771.96
30		12,587,100.00		12,587,100.00	721,348.49	76,520.11
Total		\$201,296,400.00	\$252,916,821.02	\$593,202,724.33	\$475,393,359.31	\$50,429,370.18

Fuente: Memoria de calculo

Costo Anual Equivalente – Propuesta Descartada

Tabla 38 Costo Anual Equivalente de las Alternativa B

Alternativa B						
Inversión C/IVA \$173,153,267.44		Inversión S/IVA \$149,270,058.14		Tasa de descuento 10.00%	Vida útil (Años) 30	
Año	Inversión	Mantenimiento	Molestias	Total	VPC	CAE
0	149,270,058.14	0.00	379,375,231.52	528,645,289.66	528,645,289.66	56,078,294.92
1		7,082,500.00		7,082,500.00	6,438,636.36	683,005.71
2		7,082,500.00		7,082,500.00	5,853,305.79	620,914.28
3		15,147,200.00		15,147,200.00	11,380,315.55	1,207,215.32
4		7,082,500.00		7,082,500.00	4,837,442.80	513,152.30
5		7,082,500.00		7,082,500.00	4,397,675.27	466,502.09
6		15,147,200.00		15,147,200.00	8,550,199.51	906,998.74
7		7,082,500.00		7,082,500.00	3,634,442.37	385,538.91
8		7,082,500.00		7,082,500.00	3,304,038.52	350,489.92
9		15,147,200.00		15,147,200.00	6,423,891.45	681,441.58
10		7,082,500.00		7,082,500.00	2,730,610.35	289,661.09
11		7,082,500.00		7,082,500.00	2,482,373.04	263,328.27
12		15,147,200.00		15,147,200.00	4,826,364.72	511,977.14
13		7,082,500.00		7,082,500.00	2,051,547.97	217,626.67
14		7,082,500.00		7,082,500.00	1,865,043.61	197,842.42
15		25,298,800.00		25,298,800.00	6,056,331.58	642,451.10
16		7,082,500.00		7,082,500.00	1,541,358.35	163,506.14
17		7,082,500.00		7,082,500.00	1,401,234.87	148,641.94
18		15,147,200.00		15,147,200.00	2,724,357.06	288,997.75
19		7,082,500.00		7,082,500.00	1,158,045.35	122,844.58
20		7,082,500.00		7,082,500.00	1,052,768.50	111,676.89
21		15,147,200.00		15,147,200.00	2,046,849.78	217,128.29
22		7,082,500.00		7,082,500.00	870,056.61	92,294.95
23		7,082,500.00		7,082,500.00	790,960.55	83,904.50
24		15,147,200.00		15,147,200.00	1,537,828.54	163,131.70
25		7,082,500.00		7,082,500.00	653,686.41	69,342.56
26		7,082,500.00		7,082,500.00	594,260.37	63,038.69
27		15,147,200.00		15,147,200.00	1,155,393.34	122,563.26
28		7,082,500.00		7,082,500.00	491,124.27	52,098.09
29		7,082,500.00		7,082,500.00	446,476.61	47,361.90
30		15,147,200.00		15,147,200.00	868,064.12	92,083.59
Total		\$303,273,600.00	\$379,375,231.52	\$831,918,889.66	\$620,809,973.28	\$65,855,055.27

Fuente: Memoria de cálculo



Selección de la Alternativa

El análisis de alternativas concluye que con base a un análisis costo anual equivalente (CAE) **se descarta** la “Alternativa B” basada en un método constructivo basado en concreto hidráulico estampado (CAE **\$65,855,055.27**) ya que registra un CAE mayor a la alternativa que emplea pavimentos de losas de concreto hidráulico normal (CAE **\$50,429,370.18**). La alternativa A no solo resulta más económica, sino que debido a su procedimiento constructivo estos trabajos se realizarán en un menor tiempo. Teniendo como fundamento técnico:

- Procedimiento constructivo mejor aplicable a la zona del proyecto.
- Las condiciones físicas de la superficie de rodamiento, son las adecuadas para el tipo de vehículos que circulan por el camino, siendo más cómodo el viaje debido a un menor desgaste en la superficie de rodamiento.
- Mejor resistencia a la fatiga.
- Resistencia al daño por humedad.

Al tratarse con losas de concreto hidráulico con acabado común, las molestias por la ejecución de la obra serán menores ya que el proyecto se ejecutará en un menor tiempo.

A continuación, se muestra un resumen de la comparación de las alternativas de solución de acuerdo al análisis antes descrito, con el objeto de contar con una superficie en óptimas condiciones para contar con menores tiempos de traslado y velocidades adecuadas y bajos costos generalizados de viaje.



d. Situación con Proyecto de Inversión

Tabla 39 Tipo de PPI

Tipo de PPI	
Proyectos	Programas
Infraestructura económica ☒	Mantenimiento ☐
Infraestructura para el desarrollo social ☐	Mantenimiento de protección civil ☐
Infraestructura gubernamental ☐	Estudios de preinversión ☐
Inmuebles ☐	Ambiental ☐
Otros proyectos ☐	Otros programas ☐

De acuerdo con el Diario Oficial de la Federación, publicado el 12 de marzo de 2025, en donde se publica el acuerdo por el cual el Secretario de Finanzas emite las Reglas de Operación del Gasto de Inversión para el Desarrollo del Estado de México. Los trabajos de rehabilitación para el camino No. 3527 (México - Cuautla) - Santa Bárbara - Central, se clasifica dentro del programa de infraestructura económica, ya que su monto de inversión es superior a 80 millones de pesos e inferior a 500 millones de pesos. Por lo tanto, el estudio requerido corresponde a Análisis Costo Beneficio a nivel Perfil.

1. Descripción General

El proyecto “Rehabilitación del camino No. 3527 (México - Cuautla) - Santa Bárbara - Central, en el tramo del km. 0+000 al km. 3+000”, se desarrollará en el municipio de Ixtapaluca, en el Estado de México. El camino No. 3527 es una vialidad de gran importancia para la región, ya que funciona como una vía de comunicación fundamental para el municipio de Ixtapaluca. Esta carretera conecta la carretera federal México-Cuautla, ubicada en el municipio de Chalco, con la Autopista federal México-Puebla, facilitando así la movilidad y el transporte entre diferentes localidades y regiones cercanas. La vía opera en dos cuerpos de circulación, extendiéndose desde el kilómetro 0+000 hasta el kilómetro 3+000, atravesando la localidad de Ixtapaluca, Ejido El Capulín y El Jaral Capulín sirviendo como un eje principal para el tránsito diario de residentes, comerciantes y otros usuarios.

A continuación se detallan los trabajos para la ejecución de la “Rehabilitación del Camino No. 3527 (México - Cuautla) - Santa Bárbara - Central, en el Tramo del km. 0+000 al km. 3+000, en el Municipio de Ixtapaluca”, para dar atención a la problemática inicial, fueron reportadas condiciones de operación inadecuadas, así como deficiencias de mantenimiento en la estructura vial.

- **Identificación de Obras Inducidas.** Se despliega una brigada para marcar con cal o pintura todas las instalaciones subterráneas (tuberías, cables, ductos) dentro de la zona de trabajo. Se determina qué intervenciones serán manuales (ejecutadas por el contratista) y cuáles por los propietarios de las instalaciones. Los operadores de maquinaria son advertidos sobre estas áreas para prevenir daños.



- **Instalación de Señalización Temporal.** Antes de cualquier trabajo, se coloca señalización preventiva, restrictiva e informativa, según norma N-CSV-CAR-2-05-011/01. Incluye dispositivos luminosos nocturnos, marcas en el pavimento y barreras físicas. La obra no inicia hasta que la supervisión apruebe este sistema.
- **Recorte de Pavimento Existente.** Con equipo especializado, se retira la carpeta asfáltica dañada (acodrilamiento, desprendimientos) en un espesor de 12 cm, dejando bordes verticales precisos. El material se transporta a bancos de desperdicios autorizados. Se protege el pavimento adyacente durante el proceso.
- **Excavación (Cortes en Caja).** Se excava hasta 33 cm de profundidad para ajustar la rasante al proyecto y alojar las nuevas capas estructurales. Los taludes se perfilan según diseño, y el material excedente se reutiliza en rellenos o se dispone en sitios designados.
- **Recompactación de la Subrasante.** La superficie excavada se nivela y compacta al 100% del PVSM AASHTO estándar en un espesor de 20 cm, usando rodillos vibratorios. Esta capa, verificada por laboratorio, sirve como base para la estructura del pavimento.
- **Construcción de Base Estabilizada.** Sobre la subrasante, se tiende una capa de 25 cm de grava-arena (tamaño máximo: 1½") mezclada con 3% de cemento Portland CPO-30R. La mezcla se compacta inmediatamente (en ≤ 3 horas) al 100% del PVSM AASHTO modificado en 5 capas. No se permite recompartar después del fraguado inicial.
- **Riego de Impregnación.** Se colocara un riego de emulsión asfáltica ECI-60 (1.5 Lt/m²) para sellar e incrementar adherencia. Luego, se aplica un porreo con arena (4-6 Lt/m²) para evitar desplazamientos.
- **Carpeta asfáltica:** Aplicado y fraguado el riego de liga, se construirá mediante el tendido y compactación de una mezcla de materiales pétreos de granulometría densa y cemento asfáltico, una carpeta asfáltica de doce centímetros (12 cm) de espesor, para proporcionar al usuario una superficie de rodadura uniforme, bien drenada, resistente al derrapamiento, cómoda y segura, capaz de soportar y distribuir la carga de los vehículos hacia las capas inferiores del pavimento. Estos trabajos solo se realizaran en la parte correspondiente al tramo del paso superior vehicular.
- **Juntas de dilatación:** Se ejecutaran los trabajos correspondientes para reponer las juntas de dilatación de PSV, con el propósito de restituir sus condiciones originales de operación. La parte superior de la junta de dilatación repuestas quedaran al mismo nivel que la superficie de rodadura que lo rodea, de acuerdo a lo establecido en el proyecto.
- **Riego de sello.** Los aspectos por considerar en la construcción de capas de rodadura de un riego, como tratamiento superficial de carpetas asfálticas con el objeto de restablecer o mejorar las características de resistencia al derrapamiento, la seguridad de la superficie de rodadura, así como para evitar la oxidación prematura del asfalto de la carpeta por los cambios de temperatura y humedad del ambiente son los siguientes: Para riego de sello se empleará material pétreo tipo 3-A y emulsión asfáltica de rompimiento rápido modificada con polímeros de alta viscosidad.
- **Colado de Carpeta de Concreto Hidráulico.** Para el proceso de colado de la carpeta de concreto hidráulico, se inicia con la preparación del área mediante la instalación de cimbra metálica machihembrada y pasajuntas con silletas de sujeción. El concreto con una resistencia mecánica de 45 kg/cm² a los 28 días se vacía en módulos de 3.5 metros de ancho y 20 centímetros de espesor. Durante el vaciado, se utilizan equipos de vibración por inmersión para garantizar una compactación adecuada, y se nivela utilizando reglas metálicas. Posteriormente, se realiza el curado manteniendo la superficie húmeda durante al menos siete días antes de permitir el tránsito vehicular.



- **Corte y Sellado de Juntas.** Entre las 4 y 12 horas posteriores al colado, se efectúan cortes transversales cada 3.5 metros utilizando discos de diamante, con una profundidad equivalente a un tercio del espesor de la losa. Estos cortes se ensanchan hasta 6 mm para su sellado con poliuretano autonivelante, garantizando así el adecuado funcionamiento de las juntas de control.
- **Reposición de Estructuras Viales.** La rehabilitación de estructuras viales incluye la reposición de guarniciones y banquetas, utilizando concreto con una resistencia $f'c$ de 150 kg/cm² para las guarniciones y 100 kg/cm² para las banquetas. Asimismo, se lleva a cabo la renivelación de pozos de visita y coladeras de piso y banquetas, empleando marcos y rejillas de polietileno, ajustados con precisión a la rasante final del pavimento.
- **Señalización Horizontal y Vertical Permanente.** En cuanto a la señalización horizontal, se aplican marcas en el pavimento como líneas continuas blancas o amarillas, y cruces peatonales, utilizando pintura termoplástica retrorreflectante. La señalización vertical se compone de señales colocadas sobre postes, con láminas que cumplen la norma N-CMT-5-02-002. También se construyen reductores de velocidad con mezcla asfáltica a una pendiente de 35°, los cuales se identifican visualmente mediante franjas diagonales pintadas.
- **Instalación de Alumbrado Público.**
 - a) El alumbrado público se instala mediante luminarias solares de 100W ip65 10000lm s, sistema solar all in one, con poste metálico circular cónico de 6 a 9 metros de altura, colocadas cada 30 metros en un diseño a tresbolillo.
 - b) Unidad de iluminación Interpostal. Alumbrado público de 2.8 m de altura, de sección triangular con luz de acento en la columna del poste, la separación para la Unidad de Iluminación Interpostal será de 30 m de distancia, con un sistema de colocación de a tresbolillo, fabricado de acero galvanizado de una sola pieza, sin soldadura aparente, acabado con pintura de aplicación electrostática curada al horno y equipado con un sistema LED de alto flujo para luz directa, y cuenta con iluminación RGB de acentuación de decorativos en "Escudos y Líneas" con control RGB.

Se realizará el premarcado y delimitado de las zonas donde serán colocadas las luminarias para posteriormente realizar el corte con disco, demolición y perfilado, retiro y acarreo del producto de demolición, teniendo en consideración las precauciones necesarias para evitar daños a terceros. Lo anterior en relación a las siguientes normativas:

Tabla 40. Normas aplicables a luminarias

ACTIVIDAD	CONTENIDO	NORMA APLICABLE
Proyecto de señalamiento y dispositivos de seguridad en carreteras y vialidades urbanas	Criterios generales para el diseño de iluminación	N-PRY-CAR-10-06-002/14 Por la SCT
Instalación de luminarias en espacios públicos.	Criterios para el diseño, equipamiento e instalación de elementos en espacios públicos dentro de los asentamientos humanos.	NOM-001-SEDATU-2021 Por Normas Oficiales Mexicanas
Instalación de luminarias en espacios públicos.	Especificaciones y métodos de prueba para luminarios con tecnología led destinados a la iluminación de vialidades y áreas exteriores públicas. Esta norma se enfoca en la eficiencia energética y las características técnicas de las luminarias,	NOM-031-ENER-2019 Por Normas Oficiales Mexicanas



ACTIVIDAD	CONTENIDO	NORMA APLICABLE
	pero no detalla la distribución específica en banquetas.	
Instalación de luminarias en espacios públicos.	Establece los niveles de eficiencia energética para sistemas de alumbrado en vialidades.	NOM-013-ENER-2013 , por Normas Oficiales Mexicanas

- **Cartelera Informativa.** Al finalizar la obra, se instala una cartelera informativa metálica con dimensiones de 3.0 x 5.0 metros. Esta estructura se ancla a una base de concreto con resistencia f'c de 100 kg/cm², y presenta información relevante sobre el proyecto ejecutado.

Los procedimientos de construcción que se apliquen y la calidad de los materiales que se empleen, se registrarán por lo indicado en los capítulos anteriores y los conceptos no considerados en los mismos, se registrarán por lo que indiquen para cada caso en Las Normas de Calidad de los Materiales y Las Normas de Construcción vigentes de la S.C.T. Federal.

En la siguiente tabla se muestran los componentes para la Rehabilitación del Camino No. 3527 (México - Cuautla) - Santa Bárbara - Central, en el Tramo del km. 0+000 al km. 3+000, en el Municipio de Ixtapaluca.

Tabla 41. Componentes del PPI

Componente	Descripción	Costo Unitario	Cantidad	Unidad de Medida	Monto total (sin IVA)
Cortes	Excavaciones ejecutadas a cielo abierto en el terreno natural, en ampliación de taludes, en rebajes de la corona de cortes o terraplenes existentes y en derrumbes, con objeto de preparar y formar la sección de la obra	\$381.02	18,729.48	m3	\$ 7,136,306.47
Capa Subrasante	Recompactación al 100% AASTHO, estándar del terreno natural en la superficie descubierta al despallar, escarificar y/o cortar, para la formación de la capa subrasante por el propio terreno natural	\$46.09	11,351.20	m3	\$ 523,176.81
Guarniciones	Guarniciones de concreto hidráulico f'c=150 Kg/cm2, de 0.09 m2 de sección transversal.	\$504.11	6,375.23	m	\$ 3,213,817.20
Banquetas	Banquetas de concreto hidráulico, para el tránsito de peatones en puentes y vialidades urbanas. Incluye la fabricación, suministro y colocación de concreto hidráulico, el suministro, habilitado y armado de acero de refuerzo	\$452.33	8,139.00	m2	\$ 3,681,513.87
Demoliciones	Trabajos para deshacer o desmontar estructuras o parte de ellas, seleccionando y estibando los materiales aprovechables y retirando los escombros, por unidad de obra terminada. En todos los casos de demolición y desmantelamiento	\$934.28	1,302.24	m3	\$ 1,216,656.79
Reposición de marco y rejilla de polietileno para coladera de banquetas	Reposición de marco y rejilla de polietileno para coladera de banquetas reforzado para tráfico pesado, polietileno de alta resistencia, resistencia 11 ton., peso total 30 kg y todo lo necesario para su correcta ejecución.	\$3,650.56	120.00	Pza	\$ 438,067.20

Análisis Costo-Beneficio a nivel de perfil



Componente	Descripción	Costo Unitario	Cantidad	Unidad de Medida	Monto total (sin IVA)
Reposición de marco y rejilla de polietileno para coladera de piso	Reposición de marco y rejilla de polietileno para coladera de piso reforzado para tráfico pesado, polietileno de alta resistencia, resistencia 11 ton., peso total 30 kg y todo lo necesario para su correcta ejecución	\$3,850.56	32.00	Pza	\$ 123,217.92
Reposición de brocal y tapa de polietileno para pozo de visita	Reposición de brocal y tapa de polietileno para pozo de visita reforzado para tránsito pesado, capacidad de carga 20 ton. y todo lo necesario para su correcta ejecución	\$4,721.52	52.00	Pza	\$ 245,519.04
Reposición de brocal y tapa de polietileno para pozo de fibra óptica	Reposición de brocal y tapa de polietileno para pozo de fibra óptica (izzi) reforzado para tránsito pesado, capacidad de carga 20 ton. y todo lo necesario para su correcta ejecución.	\$2,850.56	10.00	Pza	\$ 28,505.60
Capa estabilizadora	Base estabilizada al 3% con cemento portland, compactado al 100% AASHTO (Incluye explotación de material en banco conforme a lo señalado en la norma N-CTR-CAR-1-01-008/00) cargas, descargas, acarreo, mezclado, tendido y compactación y todo lo necesario para su correcta ejecución).	\$1,062.59	14,189.00	m3	\$ 15,077,089.51
Riego de Impregnación	Emulsión asfáltica tipo ECI-60, en proporción de 1.5 Lt/m ² ,	\$35.26	12,600.00	m2	\$ 444,276.00
Arena para cubrir el riego de impregnación	Arena para cubrir el riego de impregnación PVSM=1,400 Kg/m3, 6 Lt/m2	\$645.63	75.60	m3	\$ 48,809.63
Carpeta asfáltica	Carpeta asfáltica de granulometría densa, tamaño máximo de agregado de 3/4" a finos, compactada como mínimo al 95% de su PVM prueba Marshall,	\$5,948.13	1,512.00	m3	\$ 8,993,572.56
Losas de concreto hidráulico	Losas de concreto hidráulico con módulo de ruptura MR=45 Kg/cm2	\$6,594.32	11,351.20	m3	\$ 74,853,445.18
base hidráulica	Recompactación con calidad de base al 100% AASTHO modificada en la superficie descubierta al fresar, escarificar y/o recortar, para la formación de la capa de base	\$49.30	2,520.00	m3	\$ 124,236.00
Riego de sello	Riego de sello con material pétreo 3-A, en proporción de 12 Lt/m ² , premezclado con emulsión asfáltica de de rompimiento rápido diluida en agua o similar según procedimiento constructivo	\$76.91	12,600.00	m2	\$ 969,066.00
Recorte de pavimentos	Es el conjunto de actividades que se ejecutan para retirar la carpeta, base y subbase por medios mecánicos, a fin de sustituirlas por otras nuevas.	\$450.29	8,322.72	m3	\$ 3,747,637.59
Reposición de juntas de dilatación	Suministro y colocación de Junta de Calzada tipo MATRIX 501 de concreto polimérico termoplástico y agregado de granito negro de un ancho de 50 cm y espesor de 10 cm	\$7,878.87	351.00	m	\$ 2,765,483.37
Marcas en el	Raya separadora de carriles, discontinua.	\$29.25	1,800.00	m	\$ 52,650.00

Análisis Costo-Beneficio a nivel de perfil



Componente	Descripción	Costo Unitario	Cantidad	Unidad de Medida	Monto total (sin IVA)
pavimento					
Marcas en el pavimento	Raya en la orilla derecha, continua.	\$29.25	12,000.00	m	\$ 351,000.00
Marcas en el pavimento	Rayas para cruce de peatones en vías primarias.	\$71.29	116.00	Pza	\$ 8,269.64
Marcas en el pavimento	Flechas de 5.0 m de largo	\$771.83	18.00	Pza	\$ 13,892.94
marcas en guarniciones	Suministro y aplicación de pintura tráfico en guarniciones	\$55.99	10,852.00	m	\$ 607,603.48
Señales preventivas	Señal tipo SP en lamina galvanizada cal. 16 tipo charola con acabado fondo reflejante tipo "A", color amarillo, claves y símbolos con el fondo reflejante y/o Scotch-Cal color negro opaco.	\$4,845.30	3.00	Pza	\$ 14,535.90
Señales restrictivas	Señal tipo SR en lamina galvanizada cal. 16 tipo charola, con fondo reflejante tipo "A" color blanco, circulo en color rojo reflejante, claves, símbolos y leyendas en tinta serigrafía translúcida compatible en adherencia con el fondo reflejante y/o Scotch-Cal color negro opaco.	\$7,592.88	5.00	Pza	\$ 37,964.40
Señales informativas de destino	Tipo SID en lamina galvanizada cal. 16 tipo charola, con fondo verde reflejante tipo "A" color verde, claves, símbolos y leyendas en en reflejante tipo "A" color blanco.	\$7,480.09	4.00	Pza	\$ 29,920.36
Construcción de reductores de velocidad	Construcción de reductor de velocidad tipo simple, aplicando mezcla asfáltica con pendiente a 35° de 1.5 m. de ancho x 10 cm. de alto y 6.8 m de largo, pintado con rayas diagonales a 45° de 40 cm de ancho pintura blanca y amarilla a base de pintura termoplástica a la cual deberá adicionarse micro esfera de vidrio, con el objeto de que sea visible en la noche con la luz de los vehículos con el efecto de retro reflexión.	\$20,929.79	21.00	Pza	\$ 439,525.59
Unidad de iluminación interpostal	Alumbrado público de 2.8 m de altura, de sección triangular, con luz de acento en la columna del poste, fabricado de acero galvanizado de una sola pieza, sin soldadura aparente, acabado con pintura de aplicación electrostática curada al horno.	\$24,473.39	240.00	Pza	\$ 5,873,613.60
Luminaria solar	Luminaria solar para alumbrado público de 100w ip65 10000lm sistema solar all in one	\$32,849.40	240.00	Pza	\$ 7,883,856.00
Cartelera informativa	Cartelera informativa construida con Lámina galvanizada calibre 18, bastidor compuesto por perfil tubular rectangular (PTR) galvanizado 2" x 2", dividido en 2 secciones de 2.5 x 3 metros, postes compuestos de perfil tubular rectangular (PTR) de 4"	\$46,274.67	1.00	Pza	\$ 46,274.67
SUBTOTAL					\$138,989,503.32
IVA					\$22,238,320.53
TOTAL					\$161,227,823.85

Fuente: Elaboración propia



El principal objetivo consiste en resolver la problemática que está dada por las malas condiciones del camino No. 3527 (México - Cuautla) - Santa Bárbara - Central, en el tramo del km. 0+000 al km. 3+000 dando una longitud total de 3.0 km por ambos cuerpos, así mismo debido a las fallas presentes en la superficie de rodamiento del camino, la concentración de agua en los baches ocasiona problemas de erosiones, encharcamientos, deformación y grietas tipo piel de cocodrilo en la capa de rodamiento en terreno plano. Lo anterior provoca que los usuarios incurran en altos costos generalizados de viaje, aunado a las condiciones de transitabilidad antes descritas se suma la problemática del transporte de pasajeros, mercancías y víveres a la población, así como el acceso a servicios básicos de salud, educación, vivienda etc., afectando así la calidad de vida de los habitantes de los municipios por donde atraviesa esta vialidad.

El presente estudio analiza la factibilidad socioeconómica del proyecto de infraestructura denominado “Rehabilitación del camino No. 3527 (México - Cuautla) - Santa Bárbara - Central, en el tramo del km. 0+000 al km. 3+000, en el municipio de Ixtapaluca- PROYECTO ZONA ORIENTE”, con el cual se mejorará la superficie de rodamiento para los usuarios de la camino existente disminuyendo los costos generalizados de viaje, y reduciendo las demoras en el tiempo de recorrido.

El objetivo de este proyecto es contribuir al mejoramiento del camino No. 3527 (México - Cuautla) - Santa Bárbara - Central, que comunica en el municipio de Ixtapaluca.

- Disminuir costos generalizados de viaje.
- Incrementar el índice de servicio y calidad con el que se transportan personas y mercancías.
- Reducir los tiempos de recorrido en la zona para el intercambio de personas y mercancías.
- Aumentar la calidad de vida de los habitantes de la región.
- Aumentar la competitividad de las comunidades de la región.

Los beneficios totales significativos se reflejan en los costos generalizados de viaje quienes se componen del costo de operación vehicular y del costo por tiempo recorrido. Ante esta situación, y en comparación de la situación con proyecto y situación sin proyecto se tiene un beneficio al primer año de \$38.79 mdp. Esta cantidad refleja el ahorro monetario en que los usuarios incurren. En la siguiente tabla se muestran los ahorros generados.

Tabla 42. Beneficios del PPI

Descripción	Situación Sin Proyecto	Situación con proyecto	Beneficio
IRI (mm/m)	6	3	3
Velocidad (km/hr)	31.43	39.29	7.86
Tiempo de traslado (hr:min:seg)	00:07:29	00:05:59	00:01:30
Costos Generalizados de Viaje (CGV's)	\$985,019,659.34	\$835,479,872.61	\$149,539,786.73

Fuente: Datos obtenidos de la memoria de cálculo.

Aunado a lo anterior, la rehabilitación del camino cumple con la problemática principal de mejorar las condiciones de la superficie de rodadura con el objeto de aumentar las velocidades, disminuir los tiempos de traslado y reducir los costos generalizados de viaje. Ante esta situación, se valora que, del monto total de inversión, el 82.50% corresponde al costo de la rehabilitación de la superficie con trabajos consistentes en cortes, recompactación, capa subrasante, base hidráulica, riego de impregnación, losas de concreto hidráulico, carpeta asfáltica, riego de sello y recorte de



carpeta asfáltica) y el 17.5% únicamente corresponde a los trabajos de alumbrado público incluyendo iluminación interpostal y luminarias solares, en conclusión, la mayor parte del monto de inversión atiende las necesidades de la vialidad a intervenir.

Por la función que ha de cumplir la “Rehabilitación del camino No. 3527 (México - Cuautla) - Santa Bárbara - Central, en el tramo del km 0+000 al km 3+000, en el municipio de Ixtapaluca-PROYECTO ZONA ORIENTE”, es necesario asegurar que existan los espacios suficientes para la circulación de todo tipo de vehículos, así como las maniobras a realizar por los mismos, tomando en cuenta la seguridad y el desarrollo en infraestructura no solo vial, para propiciar condiciones de desarrollo adecuadas que se llevan a cabo en proyectos de tal magnitud. Tomando como premisa lo antes mencionado se busca mejorar la interconexión de estos tratando de ocasionar la mínima afectación debido a que seguirán circulando por la vía y a los pobladores en la zona, y así contribuyendo a que exista el menor rechazo social posible para la realización del proyecto.

La implementación del proyecto se traduce en una mayor seguridad de recorrido, velocidad promedio de viaje, así como una disminución de los COV, CTR, y costos de transporte para los vehículos que utilizan el camino. De mismo modo se atienden demandas sociales y creación de infraestructura. La zona de influencia del proyecto incide de manera directa a la población del municipio de Ixtapaluca, así como municipios vecinos lo que beneficiaría a 56,241 habitantes y a los usuarios de largo itinerario por la importancia de estos municipios.

Se rehabilitarán 3.0 km de la superficie de camino distribuidos en dos cuerpos de circulación, con tres carriles cada cuerpo, además de un cuerpo adicional de brinda comunicación con plazas comerciales y zonas habitacionales, además de intervenir una parte del paso superior vehicular (en ambos sentidos) que se encuentran en la zona, teniendo anchos variables en toda su longitud que van desde los 18.0 m a 25.0 m, contará con banquetas y guarniciones, obras de drenaje, alumbrado público, señalamiento horizontal y vertical.

2. Alineación Estratégica

Plan Nacional de Desarrollo 2025-2030

Objetivo 3.7: Mejorar la movilidad de personas y mercancías en todo el territorio nacional y transfronterizo, incrementando la competitividad del país mediante la consolidación de una red intermodal de infraestructura para un transporte eficiente, sostenible y seguro.

Estrategia 3.7.2: Fomentar la construcción, modernización y conservación de la infraestructura de transporte para garantizar la movilidad de personas, bienes, servicios y turistas nacionales e internacionales, asegurando condiciones de seguridad vial, accesibilidad, eficiencia, sostenibilidad, calidad, inclusión e igualdad.

Línea de Acción. República próspera y conectada.

Iniciativas para desarrollar infraestructura estratégica que habilite una República mejor conectada. Esto incluye la mejora del transporte de pasajeros y la modernización de los puertos y aeropuertos, la promoción de la infraestructura para el comercio interno y transfronterizo, lo cual permitirá conectar de manera más eficiente a las distintas regiones del país, impulsando el desarrollo económico.



Plan Estatal de Desarrollo del Estado de México 2023 - 2029.

Objetivo 3.6 Brindar una movilidad segura, digna y eficiente.

Estrategia 3.6.2 Modernizar la infraestructura de conectividad al interior del Estado de México.

Línea de Acción

3.6.2.2 Rehabilitar y mejorar la red vial libre de peaje, propiciando la interconectividad entre las regiones y localidades más alejadas de la entidad.

3.6.2.3 Coadyuvar en la conclusión de obras de los distintos órdenes de gobierno, buscando una mejora en la movilidad en el estado

Plan de Desarrollo Municipal Ixtapaluca 2022-2024 (Actualmente no se cuenta con un Plan Municipal publicado al año 2025)

Pilar 3 Territorial: Municipio ordenado, sustentable y resiliente.

Objetivo 3.3: Mejorar la Movilidad y Mantenimiento Vial.

Estrategia: Optimizar la red vial municipal para reducir congestionamientos, mejorar la seguridad y garantizar accesibilidad, mediante acciones de mantenimiento y planeación sostenible.

Líneas de Acción:

- Mantenimiento Correctivo y Preventivo de Vialidades
- Ejecutar programas de bacheo emergente y permanente en avenidas principales (Carretera México-Puebla, Av. Nacional, Av. Cuauhtémoc).
- Diagnóstico y Monitoreo de Vialidades
- Identificar puntos críticos (intersecciones sin semaforización, zonas escolares).
- Implementar un sistema de reporte ciudadano de baches y fallas viales.
- Seguridad Vial e Infraestructura Complementaria
- Instalación de luminarias LED en avenidas con alta incidencia de accidentes.

Objetivo 3.5: Fortalecer la Infraestructura Eléctrica

Estrategia: Modernizar la red eléctrica municipal para reducir fallas en el suministro y promover el uso eficiente de energía.

Líneas de Acción:

- Mantenimiento de la Red Eléctrica
- Podas preventivas de árboles cerca de líneas de alta tensión
- Sustitución de transformadores dañados en colonias con alta demanda
- Energías Limpias y Eficiencia Energética
- Instalación de paneles solares en edificios públicos
- Promover el uso de alumbrado público LED para reducir consumo.
- Gestionar apoyos para ampliación de red eléctrica en zonas de crecimiento urbano.



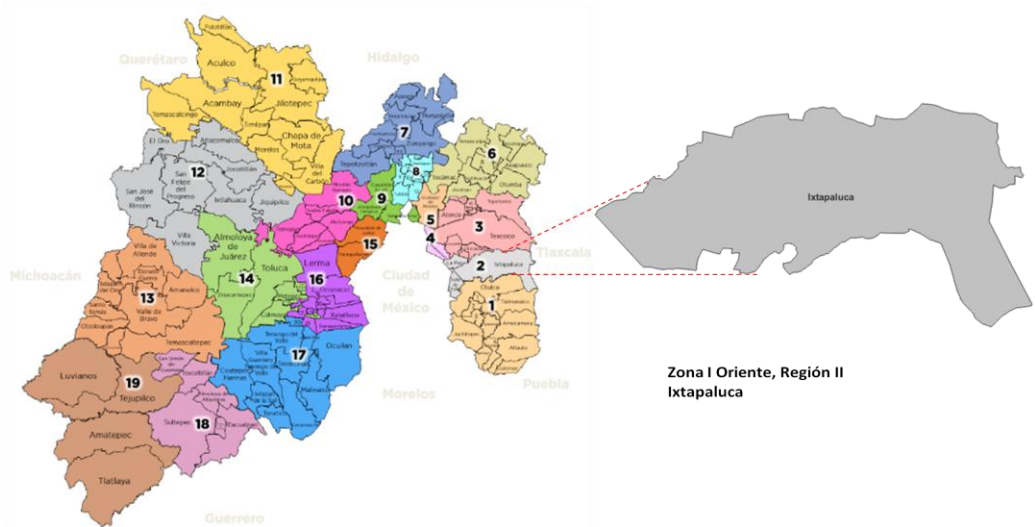
3. Localización Geográfica

El proyecto “Rehabilitación del camino No. 3527 (México - Cuautla) - Santa Bárbara - Central, en el tramo del km 0+000 al km 3+000”, se desarrollará en el municipio de Ixtapaluca, en el Estado de México.

El municipio de Ixtapaluca es uno de los 125 municipios que conforman el Estado de México, en la Región 2. Ixtapaluca, ubicado entre los paralelos 19° 14’ y 19° 24’ de latitud norte; los meridianos 98° 38’ y 98° 58’ de longitud oeste; altitud entre 2 200 y 4 200 m., colinda al norte con los municipios de Chicoloapan, Texcoco y el Estado de Puebla; al este con el Estado de Puebla y los municipios de Tlalmanalco y Chalco; al sur con los municipios de Tlalmanalco y Chalco; al oeste con los municipios de Chalco, Valle de Chalco Solidaridad, La Paz y Chicoloapan.

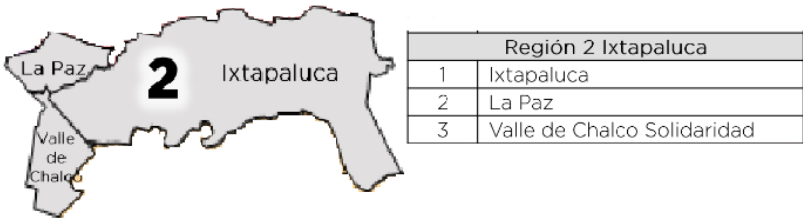
Fisiográficamente está localizado en el eje neovolcánico, en la zona oriente del estado. Se ubica a 7,5 kilómetros de la Ciudad de México y a 110 kilómetros de Toluca de Lerdo, capital del Estado de México. Cuenta con una extensión de 318,27 km², representando 1,46% del territorio estatal. En él están situadas las carreteras nacionales de México-Puebla y México-Cuautla que se bifurcan precisamente dentro de su territorio

Ilustración 15 División Regional del Estado de México 2024



Fuente: División Territorial del Estado de México por Región, publicado en Gaceta de Gobierno del Estado de México el 27 de Mayo del 2024.

Ilustración 16. Región 2 "Ixtapaluca" Estado de México



Fuente: División Territorial del Estado de México por Región, publicado en Gaceta de Gobierno del Estado de México el 27 de Mayo del 2024.



La Rehabilitación del camino No. 3527 (México - Cuautla) - Santa Bárbara - Central, en el tramo del km. 0+000 al km 3+000, en el municipio de Ixtapaluca- PROYECTO ZONA ORIENTE, se ejecutará sobre 3.0 km de longitud total, contará con dos cuerpo de circulación, un cuerpo por cada sentido, con un ancho variable de 18.0 m a 25.0 m, alojando 3 carriles de circulación por cada cuerpo. Se pretende mejorar la superficie de rodamiento y señalización para los automovilistas que circulan por esta vialidad así mismo.

Particularmente, el tramo km 0+000 al km 3+000 del proyecto a intervenir involucra una longitud total de 3,000 m, la cual se encuentra dividido tramos para su estudio, siendo 2 tramos para ejecutar con concreto hidráulico y un subtramo para intervenir con carpeta asfáltica (PSV)

Tabla 43 Coordenadas del proyecto

INICIO: KM 0+000	FINAL: KM 3+000
19.311284, -98.899537	19.293889, -98.881709

Losas de concreto

Tramo 1

INICIO: KM 0+000	FINAL: KM 0+910
19.311284, -98.899537	19.309905, -98.891029

Tramo 2

INICIO: KM 0+910	FINAL: KM 3+000
19.309905, -98.891029	19.293889, -98.881709

Subtramo Carpeta Asfáltica (Puente Vehicular)

INICIO: KM 2+400	FINAL: KM 3+000
19.298892, -98.883893	19.293889, -98.881709

Fuente: INEGI

Ilustración 17. Localización del PPI



Fuente: Elaboración propia con google earth



Dentro del municipio de Ixtapaluca las localidades beneficiadas son Ixtapaluca (368,585 habitantes), El Jaral Capulín (395 habitantes), Ejido El Capulín (558 habitantes), , mismas que en su totalidad cuentan con 369,538 habitantes, de acuerdo con el último censo publicado en el año 2020 por el INEGI, los habitantes de dichas localidades son la población objetivo que se ve afectada por las malas condiciones del camino; sin embargo en la localidad de Ixtapaluca con el fin de no sobrevalorar el proyecto se consideró un radio de incidencia de aproximadamente 1.0 km desde el punto medio del camino para obtener a los habitantes beneficiados dando aproximadamente 55,288 habitantes.

Así mismo las principales localidades beneficiadas se muestran en la siguiente tabla.

Tabla 44 Localidades beneficiadas con el PPI

Municipio	Localidad	Población 2020 (habitantes)
Ixtapaluca	Ixtapaluca	55,288
	Ejido el Capulín	558
	El Jaral (El Capulín)	395
Total		56,241

Fuente: Censo de Población y Vivienda 2020

4. Calendario de Actividades

El siguiente calendario corresponde al calendario de avance físico y financiero de los 4 meses correspondientes al monto solicitado para el camino No. 3527 (México - Cuautla) - Santa Bárbara - Central, en el tramo del km 0+000 al km 3+000.

Tabla 45 Calendario de actividades del PPI

Actividad	Mes 1	Mes 2	Mes 3	Mes 4	Total
Cortes	100%				100%
Capa Subrasante	100%				100%
Guarniciones	20%	80%			100%
Banquetas	20%	80%			100%
Demoliciones	20%	80%			100%
Reposición de marco y rejilla de polietileno para coladera de banquetta		100%			100%
Reposición de marco y rejilla de polietileno para coladera de piso		100%			100%
Reposición de brocal y tapa de polietileno para pozo de visita		100%			100%
Reposición de brocal y tapa de polietileno para pozo de fibra óptica		100%			100%
Capa estabilizadora	10%	90%			100%
Riego de Impregnación	10%	90%			100%
Arena para cubrir el riego de impregnación	10%	90%			100%
Carpeta asfáltica	10%	90%			100%
Losas de concreto hidráulico	10%	90%			100%
base hidráulica		20%	80%		100%
Riego de sello			80%	20%	100%
Recorte de pavimentos			80%	20%	100%
Reposición de juntas de dilatación				100%	100%
Marcas en el pavimento				100%	100%



Actividad	Mes 1	Mes 2	Mes 3	Mes 4	Total
Marcas en el pavimento				100%	100%
Marcas en el pavimento				100%	100%
Marcas en el pavimento				100%	100%
marcas en guarniciones				100%	100%
Señales preventivas				100%	100%
Señales restrictivas				100%	100%
Señales informativas de destino				100%	100%
Construcción de reductores de velocidad				100%	100%
Unidad de iluminación interpostal				100%	100%
Luminaria solar				100%	100%
Cartelera informativa				100%	100%

Fuente: Elaboración propia

5. Monto Total de Inversión

Tabla 46 Monto de Inversión del PPI

Componentes/Rubros	Costo Unitario	Cantidad	Unidad de Medida	Monto total (sin IVA)
Cortes	\$381.02	18,729.48	m3	\$7,136,306.47
Capa Subrasante	\$46.09	11,351.20	m3	\$523,176.81
Guarniciones	\$504.11	6,375.23	m	\$3,213,817.20
Banquetas	\$452.33	8,139.00	m2	\$3,681,513.87
Demoliciones	\$934.28	1,302.24	m3	\$1,216,656.79
Reposición de marco y rejilla de polietileno para coladera de banquetta	\$3,650.56	120.00	Pza	\$438,067.20
Reposición de marco y rejilla de polietileno para coladera de piso	\$3,850.56	32.00	Pza	\$123,217.92
Reposición de brocal y tapa de polietileno para pozo de visita	\$4,721.52	52.00	Pza	\$245,519.04
Reposición de brocal y tapa de polietileno para pozo de fibra óptica	\$2,850.56	10.00	Pza	\$28,505.60
Capa estabilizadora	\$1,062.59	14,189.00	m3	\$15,077,089.51
Riego de Impregnación	\$35.26	12,600.00	m2	\$444,276.00
Arena para cubrir el riego de impregnación	\$645.63	75.60	m3	\$48,809.63
Carpeta asfáltica	\$5,948.13	1,512.00	m3	\$8,993,572.56
Losas de concreto hidráulico	\$6,594.32	11,351.20	m3	\$74,853,445.18
base hidráulica	\$49.30	2,520.00	m3	\$124,236.00
Riego de sello	\$76.91	12,600.00	m2	\$969,066.00
Recorte de pavimentos	\$450.29	8,322.72	m3	\$3,747,637.59
Reposición de juntas de dilatación	\$7,878.87	351.00	m	\$2,765,483.37
Marcas en el pavimento	\$29.25	1,800.00	m	\$52,650.00
Marcas en el pavimento	\$29.25	12,000.00	m	\$351,000.00
Marcas en el pavimento	\$71.29	116.00	Pza	\$8,269.64
Marcas en el pavimento	\$771.83	18.00	Pza	\$13,892.94
marcas en guarniciones	\$55.99	10,852.00	m	\$607,603.48
Señales preventivas	\$4,845.30	3.00	Pza	\$14,535.90
Señales restrictivas	\$7,592.88	5.00	Pza	\$37,964.40
Señales informativas de destino	\$7,480.09	4.00	Pza	\$29,920.36
Construcción de reductores de velocidad	\$20,929.79	21.00	Pza	\$439,525.59



Componentes/Rubros	Costo Unitario	Cantidad	Unidad de Medida	Monto total (sin IVA)
Unidad de iluminación interpostal	\$24,473.39	240.00	Pza	\$5,873,613.60
Luminaria solar	\$32,849.40	240.00	Pza	\$7,883,856.00
Cartelera informativa	\$46,274.67	1.00	Pza	\$46,274.67
Subtotal de Componentes/Rubros				\$138,989,503.32
Impuesto al Valor Agregado				\$22,238,320.53
Otros Impuestos				\$0.00
Subtotal de Impuestos				\$0.00
Total				\$161,227,823.85

Fuente: Elaboración propia

6. Financiamiento

Tabla 47. Financiamiento

Fuente de los recursos	Procedencia	Monto	Porcentaje
Federales			
Estatales	Gasto De Inversión Para El Desarrollo Del Estado De México (GIDEM) 2025	\$161,227,823.85	100.00%
Recursos propios			
Otros			
Total		\$135,680,000.00	100.00%

Fuente: Elaboración propia

7. Capacidad Instalada

La capacidad instalada resultante de la implementación del proyecto permitirá incrementar el nivel de servicios y seguridad operativa en el camino. El diseño operacional permitirá incrementar la seguridad de los vehículos motorizados que circulan diariamente, Además, el camino presentará un Nivel de servicio Tipo B, de acuerdo a la Capacidad y niveles de servicio en la red federal de carreteras, SICT 2023.

Tabla 48 Capacidad instalada

Tramo 1: 0+000 al 0+910							Tramo 2: 0+910 al 3+000						
Proyección del Transito Diario Promedio Anual							Proyección del Transito Diario Promedio Anual						
Crecimiento anual	Clasificación vehicular			TDPA	39,251.00		Crecimiento anual	Clasificación vehicular			TDPA	43,643.00	
0.80%	A	B	C	Total Día	Total Anual		0.80%	A	B	C	Total Día	Total Anual	
Año	94.45%	0.55%	5.00%	100.00%	365		Año	94.73%	0.65%	4.62%	100.00%	365	
0 2025	37,073	216	1,963	39,251	14,326,615		0 2025	41,343	284	2,016	43,643	15,929,695	
1 2026	37,369	218	1,978	39,565	14,441,228		1 2026	41,674	286	2,032	43,992	16,057,133	
2 2027	37,668	219	1,994	39,882	14,556,758		2 2027	42,007	288	2,049	44,344	16,185,590	
3 2028	37,969	221	2,010	40,201	14,673,212		3 2028	42,343	291	2,065	44,699	16,315,074	
4 2029	38,273	223	2,026	40,522	14,790,597		4 2029	42,682	293	2,082	45,056	16,445,595	
5 2030	38,579	225	2,042	40,846	14,908,922		5 2030	43,023	295	2,098	45,417	16,577,160	
6 2031	38,888	226	2,059	41,173	15,028,194		6 2031	43,368	298	2,115	45,780	16,709,777	
7 2032	39,199	228	2,075	41,503	15,148,419		7 2032	43,715	300	2,132	46,146	16,843,455	
8 2033	39,513	230	2,092	41,835	15,269,607		8 2033	44,064	302	2,149	46,516	16,978,203	
9 2034	39,829	232	2,108	42,169	15,391,763		9 2034	44,417	305	2,166	46,888	17,114,028	
10 2035	40,147	234	2,125	42,507	15,514,898		10 2035	44,772	307	2,184	47,263	17,250,941	
11 2036	40,469	236	2,142	42,847	15,639,017		11 2036	45,130	310	2,201	47,641	17,388,948	

Análisis Costo-Beneficio a nivel de perfil



Tramo 1: 0+000 al 0+910							Tramo 2: 0+910 al 3+000						
Proyección del Transito Diario Promedio Anual							Proyección del Transito Diario Promedio Anual						
Crecimiento anual	Clasificación vehicular			TDPA		39,251.00	Crecimiento anual	Clasificación vehicular			TDPA		43,643.00
0.80%	A	B	C	Total Día	Total Anual		0.80%	A	B	C	Total Día	Total Anual	
Año	94.45%	0.55%	5.00%	100.00%	365		Año	94.73%	0.65%	4.62%	100.00%	365	
12	2037	40,792	238	2,159	43,189	15,764,129	12	2037	45,491	312	2,219	48,022	17,528,060
13	2038	41,119	239	2,177	43,535	15,890,242	13	2038	45,855	315	2,236	48,406	17,668,284
14	2039	41,448	241	2,194	43,883	16,017,364	14	2039	46,222	317	2,254	48,794	17,809,631
15	2040	41,779	243	2,212	44,234	16,145,503	15	2040	46,592	320	2,272	49,184	17,952,108
16	2041	42,113	245	2,229	44,588	16,274,667	16	2041	46,965	322	2,290	49,577	18,095,724
17	2042	42,450	247	2,247	44,945	16,404,864	17	2042	47,340	325	2,309	49,974	18,240,490
18	2043	42,790	249	2,265	45,304	16,536,103	18	2043	47,719	327	2,327	50,374	18,386,414
19	2044	43,132	251	2,283	45,667	16,668,392	19	2044	48,101	330	2,346	50,777	18,533,505
20	2045	43,477	253	2,302	46,032	16,801,739	20	2045	48,486	333	2,365	51,183	18,681,774
21	2046	43,825	255	2,320	46,400	16,936,153	21	2046	48,873	335	2,384	51,592	18,831,228
22	2047	44,176	257	2,339	46,772	17,071,642	22	2047	49,264	338	2,403	52,005	18,981,878
23	2048	44,529	259	2,357	47,146	17,208,215	23	2048	49,659	341	2,422	52,421	19,133,733
24	2049	44,885	261	2,376	47,523	17,345,881	24	2049	50,056	343	2,441	52,841	19,286,802
25	2050	45,245	263	2,395	47,903	17,484,648	25	2050	50,456	346	2,461	53,263	19,441,097
26	2051	45,606	266	2,414	48,286	17,624,525	26	2051	50,860	349	2,480	53,689	19,596,626
27	2052	45,971	268	2,434	48,673	17,765,521	27	2052	51,267	352	2,500	54,119	19,753,399
28	2053	46,339	270	2,453	49,062	17,907,646	28	2053	51,677	355	2,520	54,552	19,911,426
29	2054	46,710	272	2,473	49,455	18,050,907	29	2054	52,090	357	2,540	54,988	20,070,717
30	2055	47,083	274	2,493	49,850	18,195,314	30	2055	52,507	360	2,561	55,428	20,231,283

Subtramo (PSV): 2+400 al 3+000						
Proyeccion del Transito Diario Promedio Anual						
Crecimiento anual	Clasificación vehicular			TDPA		20,486.00
0.80%	A	B	C	Total Día	Total Anual	
Año	88.52%	1.38%	10.10%	100.00%	365	
0	2025	18,134	283	2,069	20,486	7,477,390
1	2026	18,279	285	2,086	20,650	7,537,209
2	2027	18,426	287	2,102	20,815	7,597,507
3	2028	18,573	290	2,119	20,982	7,658,287
4	2029	18,722	292	2,136	21,149	7,719,553
5	2030	18,871	294	2,153	21,319	7,781,310
6	2031	19,022	297	2,170	21,489	7,843,560
7	2032	19,174	299	2,188	21,661	7,906,309
8	2033	19,328	301	2,205	21,834	7,969,559
9	2034	19,482	304	2,223	22,009	8,033,315
10	2035	19,638	306	2,241	22,185	8,097,582
11	2036	19,795	309	2,259	22,363	8,162,363
12	2037	19,954	311	2,277	22,542	8,227,662
13	2038	20,113	314	2,295	22,722	8,293,483
14	2039	20,274	316	2,313	22,904	8,359,831
15	2040	20,437	319	2,332	23,087	8,426,709
16	2041	20,600	321	2,350	23,272	8,494,123
17	2042	20,765	324	2,369	23,458	8,562,076
18	2043	20,931	326	2,388	23,645	8,630,573
19	2044	21,098	329	2,407	23,835	8,699,617
20	2045	21,267	332	2,427	24,025	8,769,214

Fuente: Memoria de cálculo



8. Metas anuales y totales de producción

Tabla 49 Metas físicas

Metas Físicas		
Descripción	Cantidad	Unidad de Medida
Longitud total del camino No. 3527 (México - Cuautla) - Santa Bárbara - Central, en el tramo del km 0+000 al km 3+000, en el municipio de Ixtapaluca.	3,000	m

Fuente: Elaboración propia

9. Vida Útil

Tabla 50 Vida útil del PPI

Vida útil del PPI	
Vida útil en años	30 años
Periodo de ejecución	4 meses
Periodo de operación	30 años

Fuente: Elaboración propia

10. Descripción de los aspectos más relevantes para determinar la viabilidad del PPI

El proyecto está a cargo la Junta de Caminos del Estado de México.

Estudios técnicos

Los trabajos propuestos a realizar son factibles de ejecutar, ya que cumplen con los requerimientos de la Normativa para la Infraestructura del Transporte (NIT-SICT) vigente. Además, la JCEM se compromete a cumplir con todas las factibilidades técnicas antes del inicio de los trabajos. (Ver ANEXO 3. Factibilidad técnica)

Estudios legales

De acuerdo con lo establecido en la Gaceta del Gobierno del Estado de México, número 103, Tomo CXCIX, publicada el día 8 de junio del año 2015, se presenta una relación de la infraestructura vial primaria libre de peaje. Derivado de ello, desde entonces el camino No. 3527 (México - Cuautla) - Santa Bárbara - Central, en el municipio de Ixtapaluca, se encuentra bajo la administración y responsabilidad de la Junta de Caminos del Estado de México. Por lo tanto, No se requiere la liberación de derecho de vía por tratarse de trabajos que se ejecutarán sobre la vía existente. (Ver ANEXO 4. Factibilidad legal)

La JCEM se compromete a cumplir con todos los aspectos legales antes del inicio de los trabajos

Estudios ambientales

Las obras y actividades para llevar a cabo el proyecto no causan desequilibrio ecológico, ni rebasan los límites y condiciones establecidos en las disposiciones jurídicas referidas a la preservación del equilibrio ecológico y la protección al ambiente, en virtud de que se llevaran a cabo en una zona



que ya ha sido perturbada anteriormente por el propio camino en operación, no afectando superficies adicionales, flora o fauna, únicamente se contempla el retiro de vegetación ruderal, que se encuentra invadiendo los elementos del camino de acuerdo al Artículo 5, inciso B) sub inciso b) del Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en Materia de Evaluación de Impacto Ambiental (REIA).

Así mismo este organismo se compromete a cumplir con todas las factibilidades en aspectos ambientales previo al inicio de los trabajos. (Ver ANEXO 5. Factibilidad ambiental)

Estudios de mercado

El mercado del proyecto está dado por su tránsito y las características de la vialidad, en ese sentido el análisis de la demanda llevado a cabo en el camino No. 3527 (México - Cuautla) - Santa Bárbara - Central, en el tramo del km 0+000 al km 3+000 se consideran los obtenidos en campo. (Ver ANEXO 6. Factibilidad de mercado)

11. Análisis de la Oferta a lo largo del horizonte de evaluación

Como ya se mencionó anteriormente el proyecto consiste en la rehabilitación de 3.0 km distribuidos en el tramo del Km 0+000 al km 3+000 ambos cuerpos del camino No. 3527 (México - Cuautla) - Santa Bárbara - Central, dicho camino contará con losas de concreto hidráulico de espesor de 20 cm, presentando un IRI de 3 mm/m. Estos trabajos mejoraran la superficie de rodamiento, se colocaran banquetas y guarniciones, obras de drenaje, alumbrado público, señalamiento horizontal y vertical, necesario para ofrecer un camino más cómodo y seguro de transitar. Además se intervendrán 600 m de Paso Vehicular Superior que se encuentra en carriles centrales en el km 2+400, mismo que se ejecutara con carpeta asfáltica.

En el siguiente larguillo se muestran los cadenamientos y la subdirección por tramos de camino.

CAMINO 886 CHALCO-SAN PEDRO TLAHUAC				
TRAMO 1 (0+000 - 0+910)				
	CADENAMIENTO	ANCHO	LARGO	ESPESOR
TRAMO 1 (0+000 - 0+910)	0+000	25.00	0	0.00
	0+020	25.00	20	500.00
	0+040	25.00	20	500.00
	0+060	25.00	20	500.00
	0+080	25.00	20	500.00
	0+100	25.00	20	500.00
	0+120	25.00	20	500.00
	0+140	25.00	20	500.00
	0+160	25.00	20	500.00
	0+180	25.00	20	500.00
	0+200	20.00	20	400.00
	0+220	20.00	20	400.00
	0+240	20.00	20	400.00
	0+260	20.00	20	400.00
	0+280	20.00	20	400.00
	0+300	20.00	20	400.00
	0+320	20.00	20	400.00



CAMINO 886 CHALCO-SAN PEDRO TLAHUAC				
TRAMO 1 (0+000 - 0+910)				
CADENAMIENTO	ANCHO	LARGO	ESPESOR	
	0+340	20.00	20	400.00
	0+360	20.00	20	400.00
	0+380	20.00	20	400.00
	0+400	20.00	20	400.00
	0+420	20.00	20	400.00
	0+440	20.00	20	400.00
	0+460	20.00	20	400.00
	0+480	20.00	20	400.00
	0+500	20.00	20	400.00
	0+520	20.00	20	400.00
	0+540	20.00	20	400.00
	0+560	20.00	20	400.00
	0+580	20.00	20	400.00
	0+600	20.00	20	400.00
	0+620	20.00	20	400.00
	0+640	20.00	20	400.00
	0+660	18.00	20	360.00
	0+680	18.00	20	360.00
	0+700	18.00	20	360.00
	0+720	18.00	20	360.00
	0+740	18.00	20	360.00
	0+760	18.00	20	360.00
	0+780	18.00	20	360.00
	0+800	18.00	20	360.00
	0+820	18.00	20	360.00
	0+840	18.00	20	360.00
	0+860	18.00	20	360.00
	0+880	18.00	20	360.00
	0+900	18.00	20	360.00
	0+910	18.00	10	180.00

TRAMO 2 (0+910 AL 3+000)				
	CADENAMIENTO	ANCHO	LARGO	ESPESOR
TRAMO 2 (0+910 al 3+000)	0+920	18.00	10	180.00
	0+940	18.00	20	360.00
	0+960	18.00	20	360.00
	0+980	18.00	20	360.00
	1+000	18.00	20	360.00
	1+020	18.00	20	360.00
	1+040	18.00	20	360.00
	1+060	18.00	20	360.00
	1+080	18.00	20	360.00
	1+100	18.00	20	360.00
	1+120	18.00	20	360.00
	1+140	18.00	20	360.00
	1+160	18.00	20	360.00
	1+180	18.00	20	360.00
	1+200	18.00	20	360.00



TRAMO 2 (0+910 AL 30+100)				
	CADENAMIENTO	ANCHO	LARGO	ESPEJOR
	1+220	20.40	20	408.00
	1+240	20.40	20	408.00
	1+260	20.40	20	408.00
	1+280	20.40	20	408.00
	1+300	20.40	20	408.00
	1+320	20.40	20	408.00
	1+340	20.40	20	408.00
	1+360	20.40	20	408.00
	1+380	20.40	20	408.00
	1+400	20.40	20	408.00
	1+420	20.40	20	408.00
	1+440	20.40	20	408.00
	1+460	18.00	20	360.00
	1+480	18.00	20	360.00
	1+500	18.00	20	360.00
	1+520	18.00	20	360.00
	1+540	18.00	20	360.00
	1+560	18.00	20	360.00
	1+580	18.00	20	360.00
	1+600	18.00	20	360.00
	1+620	18.00	20	360.00
	1+640	18.00	20	360.00
	1+660	18.00	20	360.00
	1+680	18.00	20	360.00
	1+700	18.00	20	360.00
	1+720	18.00	20	360.00
	1+740	18.00	20	360.00
	1+760	18.00	20	360.00
	1+780	18.00	20	360.00
	1+800	18.00	20	360.00
	1+820	18.00	20	360.00
	1+840	18.00	20	360.00
	1+860	18.00	20	360.00
	1+880	18.00	20	360.00
	1+900	18.00	20	360.00
	1+920	18.00	20	360.00
	1+940	18.00	20	360.00
	1+960	18.00	20	360.00
	1+980	18.00	20	360.00
	2+000	18.00	20	360.00
	2+020	18.00	20	360.00
	2+040	18.00	20	360.00
	2+060	18.00	20	360.00
	2+080	18.00	20	360.00
	2+100	18.00	20	360.00
	2+120	18.00	20	360.00
	2+140	18.00	20	360.00
	2+160	18.00	20	360.00
	2+180	18.00	20	360.00

TRAMO 2 (0+910 AL 30+100				
	CADENAMIENTO	ANCHO	LARGO	ESPESOR
	2+200	18.00	20	360.00
	2+220	18.00	20	360.00
	2+240	18.00	20	360.00
	2+260	18.00	20	360.00
	2+280	18.00	20	360.00
	2+300	18.00	20	360.00
	2+320	18.00	20	360.00
	2+340	18.00	20	360.00
	2+360	18.00	20	360.00
	2+380	18.00	20	360.00
	2+400	18.00	20	360.00
	2+420	18.00	20	360.00
	2+440	18.00	20	360.00
	2+460	18.00	20	360.00
	2+480	18.00	20	360.00
	2+500	18.00	20	360.00
	2+520	18.00	20	360.00
	2+540	18.00	20	360.00
	2+560	18.00	20	360.00
	2+580	18.00	20	360.00
	2+600	18.00	20	360.00
	2+620	18.00	20	360.00
	2+640	18.00	20	360.00
	2+660	18.00	20	360.00
	2+680	18.00	20	360.00
	2+700	18.00	20	360.00
	2+720	18.00	20	360.00
	2+740	18.00	20	360.00
	2+760	18.00	20	360.00
	2+780	18.00	20	360.00
	2+800	18.00	20	360.00
	2+820	18.00	20	360.00
	2+840	18.00	20	360.00
2+860	18.00	20	360.00	
2+880	18.00	20	360.00	
2+900	18.00	20	360.00	
2+920	18.00	20	360.00	
2+940	18.00	20	360.00	
2+960	18.00	20	360.00	
2+980	18.00	20	360.00	
3+000	18.00	20	360.00	
		TOTAL	3,000.00	56,756.000
			longitud	área

SUBTRAMO (PSV)				
CADEN.	ANCHO	LARGO	ESPESOR	
2+400	21	0	0	
2+420	21	20	420	
2+440	21	20	420	
2+460	21	20	420	
2+480	21	20	420	
2+500	21	20	420	
2+520	21	20	420	
2+540	21	20	420	
2+560	21	20	420	
2+580	21	20	420	
2+600	21	20	420	
2+620	21	20	420	
2+640	21	20	420	
2+660	21	20	420	
2+680	21	20	420	
2+700	21	20	420	
2+720	21	20	420	
2+740	21	20	420	
2+760	21	20	420	
2+780	21	20	420	
2+800	21	20	420	
2+820	21	20	420	
2+840	21	20	420	
2+860	21	20	420	
2+880	21	20	420	
2+900	21	20	420	
2+920	21	20	420	
2+940	21	20	420	
2+960	21	20	420	
2+980	21	20	420	
3+000	21	20	420	
		TOTAL	600.00	12,600.00
			Longitud	área

A continuación, se presentan las características físicas y geométricas con las que contará el Camino No. 3527 (México - Cuautla) - Santa Bárbara - Central, una vez implementado el proyecto.



Tabla 51 Características físicas y geométricas del camino Con proyecto

Características del Camino	CONCRETO HIDRAULICO		ASFALTO
	Tramo 1: 0+000 al 0+910	Tramo 2: 0+910 al 3+000	Subtramo (PSV): 2+400 al 3+000
Distancia total del camino (m)	910	2090	600
No. De cuerpos	2, uno por sentido de circulación	2, uno por sentido de circulación	2, uno por sentido de circulación
Ancho de cuerpo (m)	Variable con anchos desde los 18 a 25 m	Variable con anchos desde los 18 a 20.40 m	Ancho prm. De 21 m.
Superficie (m2)	18,560.00	38,196.00	12,600.00
	56,756.00		12,600.00
No. Cuerpos	2.00	2.00	2.00
No. De carriles	3 carriles por cuerpo	3 carriles por cuerpo	2 carriles por cuerpo
Pendiente Media ascendente	1.00%	1.70%	1.80%
Pendiente Media descendente	-1.40%	-2.00%	-2.00%
Altitud del terreno (msnm)	2237	2239	2242
Tipo de Terreno	Plano	Plano	Plano
Tipo de superficie de rodamiento	Carpeta asfáltica en condiciones regulares (bacheo)	losas de concreto hidráulico en buenas condiciones	Carpeta asfáltica en buenas condiciones
Obras de drenaje	Existentes en malas condiciones		N/A
Guarniciones y banquetas	De concreto hidráulico en buenas condiciones		N/A
Condiciones de señalamiento horizontal	Marcas en pavimento en buenas condiciones Pintura en guarniciones presentan descascaramiento y es poco visible		
Condiciones de señalamiento vertical	Existente, en buenas condiciones		
Alumbrado público	Existente, en buenas condiciones.		
Índice de rugosidad (mm/m)	3	3	3
Nivel de servicio	B	B	B
Velocidad (km/h)	40.89	32.73	44.27
Tiempo de traslado (h:min:s)	00:01:20	00:03:50	00:00:49
Total (tiempo de traslado)	00:05:59		
Costos Generalizados de Viaje	\$197,298,946.12	\$559,252,768.96	\$78,928,157.53
Total (CGV's)	\$835,479,872.61		

Fuente: Elaboración propia

Índice de Rugosidad Internacional –IRI–.

El índice de rugosidad internacional (IRI) del área de estudio observado es de 3 mm/m. El Índice Internacional constituye una medida de la rugosidad, entendida como las deformaciones verticales de la superficie de un camino con respecto a la superficie plana, mismas que afectan la dinámica del vehículo, la calidad de viaje, las cargas dinámicas y el drenaje superficial del camino. La rugosidad es, por tanto, una característica del perfil

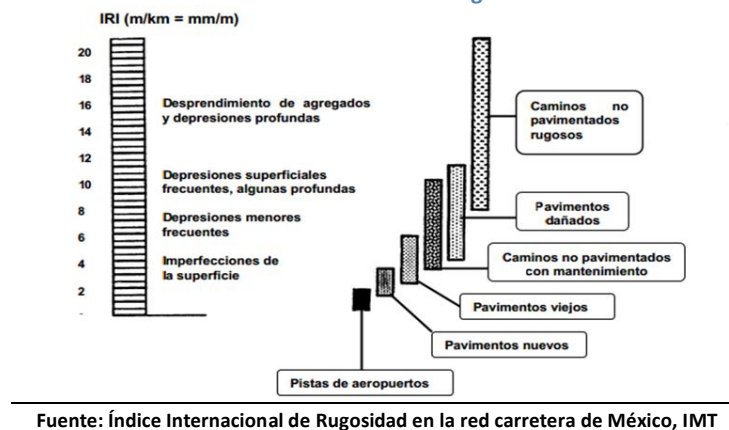


longitudinal de la superficie recorrida y el Índice Internacional de Rugosidad puede definirse como la suma de las irregularidades verticales (en valor absoluto) a lo largo de la zona de rodadura de un tramo homogéneo de carretera, entre la longitud de este, su unidad de medida es m/km o mm/m. En la siguiente figura se muestra la escala de dicho índice con una breve descripción del estado cualitativo del pavimento correspondiente a ciertos rangos. Un método muy accesible para realizar estimaciones de la rugosidad en campo consiste en colocar manualmente una regla de 2 m ó 3 m de largo, longitudinalmente, sobre una de las huellas de camino; medir la desviación máxima bajo la regla, en mm; y repetir la operación a distancias convenientemente espaciadas. Con los datos de las mediciones, calcular las frecuencias acumuladas, y sustituir el valor del 95 percentil resultante (aquel que es mayor al 95% de las observaciones, e inferior al 5%) en la fórmula siguiente, que corresponda, para conocer el valor del IIR, en m/km:

$IRI (m/km) = 0.35 DMR3$; $DMR3=95$ percentil de las desviaciones máximas, bajo una regla de 3m de largo

$IRI (m/km) = 0.437 DMR2$; $DMR2 = 95$ percentil de las desviaciones máximas, bajo una regla de 2m de largo”²⁰

Ilustración 18. Índice de rugosidad



Nivel de servicio

El análisis de la capacidad se realiza con base en el “Highway Capacity Manual 2010”, con el cual se determina el nivel de servicio y la velocidad de operación en que se encuentra una carretera. Se toma en consideración el Tránsito Diario Promedio Anual (TDPA), con su composición vehicular correspondiente y, a partir de éste, se estima el volumen horario de máxima demanda, mismo que dividido entre el “Factor horario de máxima demanda” (FHMD), constituye el insumo para obtener el volumen de servicio con que cuenta una carretera, el cual permitirá determinar el nivel de servicio y la velocidad de operación en que se encuentra operando. De esta manera el nivel de servicio es una medida para caracterizar las condiciones de operación del tránsito. Se han establecido seis niveles de servicio denominados: A, B, C, D, E y F, que van del mejor al peor. Las

²⁰Costos de operación Base de los Vehículos Representativos del Transporte Interurbano 2024; José Antonio Arroyo Osorno, Roberto Aguerrebere Salido, Guillermo Torres Vargas; IMT Publicación Técnica 368.



medidas para definir estos niveles en carreteras son: para carreteras de carriles múltiples la densidad y, para carreteras de dos carriles, la demora porcentual²¹.

Por lo anterior, el nivel de Servicio Carretero del Camino No. 3527 (México - Cuautla) - Santa Bárbara - Central, a lo largo de 3.0 km, una vez ejecutada el proyecto, es un tipo de servicio Tipo B.

Ilustración 19 Nivel de Servicio de carreteras

A	Corresponde a una condición de flujo libre, con volúmenes de tránsito bajos; la velocidad depende del deseo de los conductores dentro de los límites impuestos y bajo las condiciones físicas de la carretera.
B	Se considera como flujo estable, los conductores tienen una libertad razonable para elegir sus velocidades y el carril de operación.
C	El flujo es estable, los conductores perciben restricciones tanto para elegir su velocidad, como para efectuar maniobras de cambio de carril de rebase; se obtiene una velocidad de operación satisfactoria. Es deseable que este nivel de servicio sea el más desfavorable al que operen las vialidades.
D	Esta condición se aproxima al flujo inestable; la velocidad de operación aún es satisfactoria, pero resulta afectada por los cambios en las condiciones de operación. Los conductores tienen poca libertad de maniobra con la consecuente pérdida de comodidad.
E	En este nivel, los volúmenes de tránsito corresponden a la capacidad. El flujo es inestable y pueden ocurrir paradas de corta duración.
F	Corresponde a los flujos forzados, en donde los volúmenes son inferiores a los de la capacidad y las velocidades se reducen pudiendo producir paradas debido al congestionamiento.

Fuente: Estado de la capacidad y niveles de servicio en la Red Federal de Carreteras en México, abril 2023
<https://calymayor.com.mx/mx/assets/reportes/clasificacion-vias-SCT-2023.pdf>

12. Análisis de la Demanda a lo largo del horizonte de evaluación

La demanda la constituyen los vehículos que utilizan esta vialidad para trasladarse desde un origen a un destino.

- **Movimientos direccionales.**

Los movimientos direccionales se refieren a los análisis y estudios que se realizan para entender cómo se desplazan los vehículos (tránsito) en las carreteras. Estos análisis, a su vez, están estrechamente relacionados con el Tránsito Diario Promedio Anual (TDPA), que es una métrica clave para la gestión de la infraestructura vial.

Bajo este escenario, se analizan los movimientos direccionales representativos del camino en su horario de máxima demanda con el objeto de entender cómo los vehículos se distribuyen y se desplazan. Esta información, combinada con el TDPA, permitirá identificar las zonas con mayor demanda y priorizar las acciones de mejora. A continuación, se presenta un croquis con los movimientos direccionales representativos del camino 3527 (México - Cuautla) - Santa Bárbara - Central, en el tramo del km. 0+000 al km. 3+000, en el municipio de Ixtapaluca.

²¹ Estado de la capacidad y niveles de servicio en la Red Federal de Carreteras en México, abril 2023



Ilustración 20 Movimientos direccionales del PPI



Fuentes: Factibilidad de mercado: Movimientos direccionales.

Como se puede observar en la imagen y en relación con el análisis emitido por el Departamento de Transito de la Junta de Caminos del Estado de México, se encuentran un movimiento direccional con mayor afluencia, teniendo así 2 tramos a analizar, además de tener un Paso Superior Vehicular, formando un subtramo adicional a analizar. Esto nos permite planificar las actividades de mejoramiento de la superficie de rodadura.

El movimiento direccional para el caso en específico del camino 3527 se presenta sobre la calle Vigilantes, que es la calle principal que conecta con una de las plazas comerciales más grandes de la zona (Galerías Ixtapalapa), además de conectar también con una zona habitacional importante. Por lo que el Tramo 1 queda del km 0+000 al 0+910 y el Tramo 2 del 0+910 al 3+000 y el subtramo adicional de del PSV del km 2+400 al 3+000.

Transito Diario Promedio Anual

La demanda está constituida por los vehículos que circulan por las carreteras diariamente, lo anterior se manifiesta a través del Transito Diario Promedio Anual (TDPA); el aforo vehicular es importante ya que refleja la demanda que tiene la vialidad.

Para la vialidad en estudio se cuenta con datos obtenidos en campo por el Departamento de Ingeniería de Transito de la Junta de Caminos del Estado de México los cuales arrojan la siguiente información al año 2025, en cada uno de los tramos determinados, derivado de las variaciones en la demanda por los movimientos direccionales más representativos presentes en el camino, teniendo como resultado los siguientes datos:

Tabla 52. TDPA proyecto

Camino No. 3527 (México - Cuautla) - Santa Bárbara - Central	
Tramo	TDPA
Tramo 1: 0+000 al 0+910	39,251.00
Tramo 2: 0+910 al 3+000	43,643.00
Subtramo (PSV): 2+400 al 3+000	20,486.00
Total/Promedio	103,380.00

Fuente: Elaboración propia



Composición vehicular.

La composición vehicular para cada uno de los tramos de la vialidad en estudio es la siguiente con referencia a los datos obtenidos en campo:

Tabla 53 Composición vehicular

Camino No. 3527 (México - Cuautla) - Santa Bárbara - Central					
Tramo	TDPA	Clasificación			Total
		A	B	C	
Tramo 1: 0+000 al 0+910	39,251.00	94.45%	0.55%	5.00%	100.00%
Tramo 2: 0+910 al 3+000	43,643.00	94.73%	0.65%	4.62%	100.00%
Subtramo (PSV): 2+400 al 3+000	20,486.00	88.52%	1.38%	10.10%	100.00%
Total/Promedio	103,380.00	92.57%	0.86%	6.57%	100.00%

Fuente: Elaboración propia

Tasa de ocupación vehicular.

La tasa de ocupación vehicular señala el número de pasajeros que viajan en promedio en cada tipo de vehículo, incluyendo al chofer o conductor de la unidad.

Tabla 54 Ocupación Vehicular Promedio

A	B	C
2.0	23.0	1.0

Fuente: Publicación Técnica No. 653, IMT

<https://imt.mx/archivos/Publicaciones/PublicacionTecnica/pt653.pdf>

Tasa de crecimiento

El conocer la tasa de crecimiento del tránsito vehicular en las vialidades permite identificar las necesidades de infraestructura que incluyen acciones orientadas a la conservación, modernización y construcción de la red vial.

Para determinar la tasa de crecimiento correspondiente a la zona del proyecto, se consultó el Producto Interno Bruto (PIB) y las Cuentas Nacionales de México, de acuerdo con la información registrada en el Banco de Información Económica del INEGI.

El crecimiento moderado puede influir en la planificación y ejecución de proyectos de inversión pública. Es esencial considerar estos indicadores macroeconómicos al evaluar la viabilidad y el impacto potencial de nuevas iniciativas en el contexto económico actual.

Cabe mencionar, que el Producto Interno Bruto Trimestral ofrece, una visión oportuna, completa y coherente de la evolución de las actividades económicas del país, proporcionando información oportuna y actualizada, para apoyar la toma de decisiones.

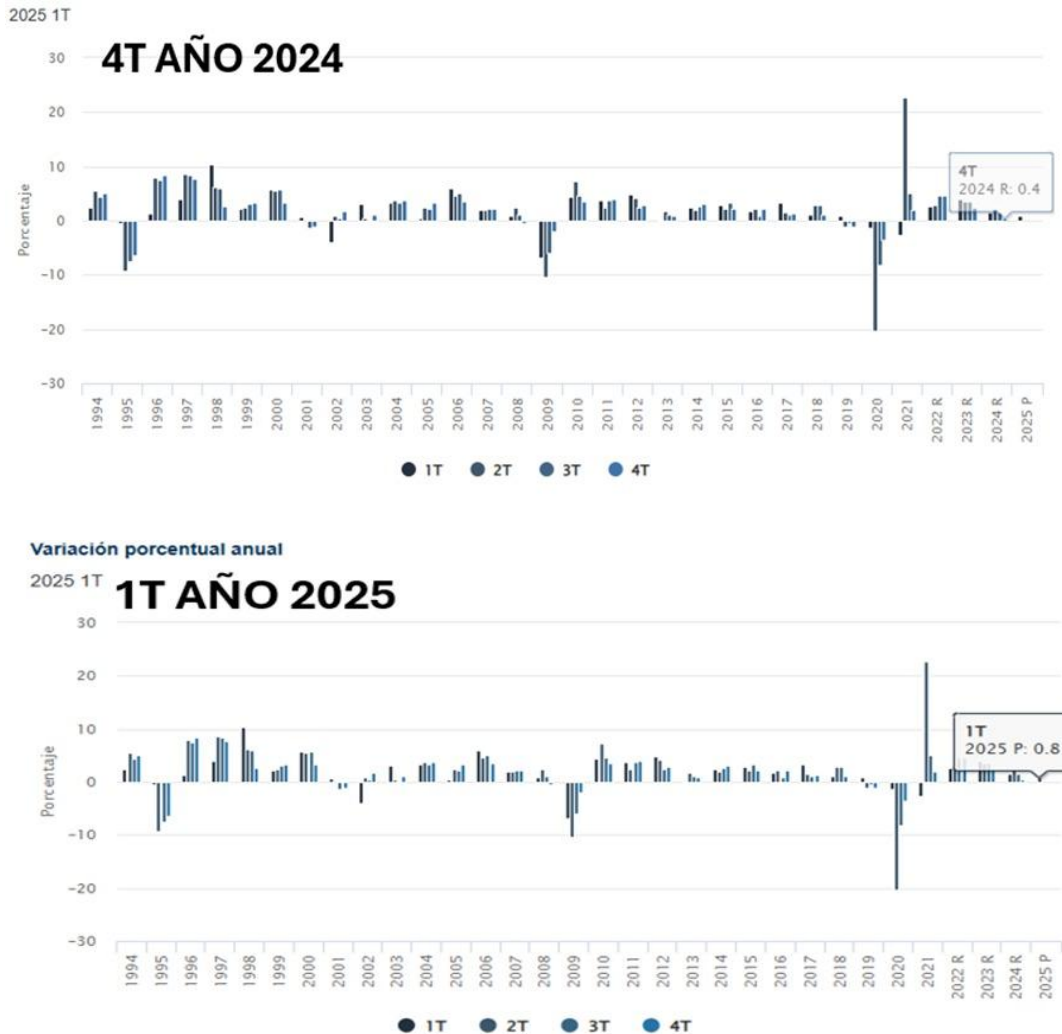
De acuerdo con el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), la Estimación Oportuna del PIB Trimestral ofrece una visión sobre la evolución de la economía mexicana, con base en: la información estadística disponible en ese momento, las técnicas estadísticas y modelos econométricos que mejor se ajustan a dicha información, así como a las recomendaciones internacionales vigentes, por lo que sus resultados son consistentes con el Sistema de Cuentas Nacionales de México (SCNM)²².

²² <https://www.inegi.org.mx/temas/pibo/>



Como se puede observar en la siguiente imagen, el PIB actualizado publicado a la fecha corresponde al primer trimestre del año 2025, con un valor del 0.8% y el PIB anterior corresponde al 0.4% en el cuarto trimestre del 2024. Por lo tanto, se puede observar que ha existido un incremento de acuerdo al trimestre anterior.

Ilustración 21. PIB



Fuente: Datos del PIB del INEGI
<https://www.inegi.org.mx/temas/pib/>

Dada cierta circunstancia, se determinó que la tasa de crecimiento a utilizar será de 0.8%, esto tomando en cuenta el crecimiento del Producto Interno Bruto promedio registrado en el año 2025 con la finalidad de no sobrevalorar los resultados del proyecto.

Esto se considera ya que es necesario para la demanda a lo largo del horizonte de evaluación para que contenga los impactos derivados de las optimizaciones, y en caso de haberlos, dado que la optimización propuesta únicamente modifica las características de la oferta, la demanda de la situación sin proyecto se considera igual a la demanda de la situación actual.



Proyección de la Demanda

Las tasas de crecimiento se consideran ya que es necesario reestimar la demanda a lo largo del horizonte de evaluación para que contenga los impactos derivados del proyecto. A continuación, se presenta el cálculo de la demanda en la situación con proyecto para cada uno de los tramos y sus proyecciones a lo largo del horizonte de evaluación.

Tabla 55 Proyección del TDPA

Tramo 1: 0+000 al 0+910							Tramo 2: 0+910 al 3+000										
Proyección del Transito Diario Promedio Anual							Proyección del Transito Diario Promedio Anual										
Crecimiento anual		Clasificación vehicular			TDPA		39,251.00		Crecimiento anual		Clasificación vehicular			TDPA		43,643.00	
0.80%		A		B	C	Total Día	Total Anual	0.80%		A		B	C	Total Día	Total Anual	0.80%	
Año		94.45%		0.55%	5.00%	100.00%	365	Año		94.73%		0.65%	4.62%	100.00%	365	Año	
0	2025	37,073	216	1,963	39,251	14,326,615		0	2025	41,343	284	2,016	43,643	15,929,695			
1	2026	37,369	218	1,978	39,565	14,441,228		1	2026	41,674	286	2,032	43,992	16,057,133			
2	2027	37,668	219	1,994	39,882	14,556,758		2	2027	42,007	288	2,049	44,344	16,185,590			
3	2028	37,969	221	2,010	40,201	14,673,212		3	2028	42,343	291	2,065	44,699	16,315,074			
4	2029	38,273	223	2,026	40,522	14,790,597		4	2029	42,682	293	2,082	45,056	16,445,595			
5	2030	38,579	225	2,042	40,846	14,908,922		5	2030	43,023	295	2,098	45,417	16,577,160			
6	2031	38,888	226	2,059	41,173	15,028,194		6	2031	43,368	298	2,115	45,780	16,709,777			
7	2032	39,199	228	2,075	41,503	15,148,419		7	2032	43,715	300	2,132	46,146	16,843,455			
8	2033	39,513	230	2,092	41,835	15,269,607		8	2033	44,064	302	2,149	46,516	16,978,203			
9	2034	39,829	232	2,108	42,169	15,391,763		9	2034	44,417	305	2,166	46,888	17,114,028			
10	2035	40,147	234	2,125	42,507	15,514,898		10	2035	44,772	307	2,184	47,263	17,250,941			
11	2036	40,469	236	2,142	42,847	15,639,017		11	2036	45,130	310	2,201	47,641	17,388,948			
12	2037	40,792	238	2,159	43,189	15,764,129		12	2037	45,491	312	2,219	48,022	17,528,060			
13	2038	41,119	239	2,177	43,535	15,890,242		13	2038	45,855	315	2,236	48,406	17,668,284			
14	2039	41,448	241	2,194	43,883	16,017,364		14	2039	46,222	317	2,254	48,794	17,809,631			
15	2040	41,779	243	2,212	44,234	16,145,503		15	2040	46,592	320	2,272	49,184	17,952,108			
16	2041	42,113	245	2,229	44,588	16,274,667		16	2041	46,965	322	2,290	49,577	18,095,724			
17	2042	42,450	247	2,247	44,945	16,404,864		17	2042	47,340	325	2,309	49,974	18,240,490			
18	2043	42,790	249	2,265	45,304	16,536,103		18	2043	47,719	327	2,327	50,374	18,386,414			
19	2044	43,132	251	2,283	45,667	16,668,392		19	2044	48,101	330	2,346	50,777	18,533,505			
20	2045	43,477	253	2,302	46,032	16,801,739		20	2045	48,486	333	2,365	51,183	18,681,774			
21	2046	43,825	255	2,320	46,400	16,936,153		21	2046	48,873	335	2,384	51,592	18,831,228			
22	2047	44,176	257	2,339	46,772	17,071,642		22	2047	49,264	338	2,403	52,005	18,981,878			
23	2048	44,529	259	2,357	47,146	17,208,215		23	2048	49,659	341	2,422	52,421	19,133,733			
24	2049	44,885	261	2,376	47,523	17,345,881		24	2049	50,056	343	2,441	52,841	19,286,802			
25	2050	45,245	263	2,395	47,903	17,484,648		25	2050	50,456	346	2,461	53,263	19,441,097			
26	2051	45,606	266	2,414	48,286	17,624,525		26	2051	50,860	349	2,480	53,689	19,596,626			
27	2052	45,971	268	2,434	48,673	17,765,521		27	2052	51,267	352	2,500	54,119	19,753,399			
28	2053	46,339	270	2,453	49,062	17,907,646		28	2053	51,677	355	2,520	54,552	19,911,426			
29	2054	46,710	272	2,473	49,455	18,050,907		29	2054	52,090	357	2,540	54,988	20,070,717			
30	2055	47,083	274	2,493	49,850	18,195,314		30	2055	52,507	360	2,561	55,428	20,231,283			

Subtramo (PSV): 2+400 al 3+000

Proyeccion del Transito Diario Promedio Anual						
Crecimiento anual		Clasificación vehicular			TDPA	20,486.00
0.80%		A	B	C	Total Día	Total Anual
Año		88.52%	1.38%	10.10%	100.00%	365
0	2025	18,134	283	2,069	20,486	7,477,390
1	2026	18,279	285	2,086	20,650	7,537,209
2	2027	18,426	287	2,102	20,815	7,597,507
3	2028	18,573	290	2,119	20,982	7,658,287



Subtramo (PSV): 2+400 al 3+000						
Proyección del Tránsito Diario Promedio Anual						
Crecimiento anual	Clasificación vehicular			TDPA	20,486.00	
0.80%	A	B	C	Total Día	Total Anual	
Año	88.52%	1.38%	10.10%	100.00%	365	
4	2029	18,722	292	2,136	21,149	7,719,553
5	2030	18,871	294	2,153	21,319	7,781,310
6	2031	19,022	297	2,170	21,489	7,843,560
7	2032	19,174	299	2,188	21,661	7,906,309
8	2033	19,328	301	2,205	21,834	7,969,559
9	2034	19,482	304	2,223	22,009	8,033,315
10	2035	19,638	306	2,241	22,185	8,097,582
11	2036	19,795	309	2,259	22,363	8,162,363
12	2037	19,954	311	2,277	22,542	8,227,662
13	2038	20,113	314	2,295	22,722	8,293,483
14	2039	20,274	316	2,313	22,904	8,359,831
15	2040	20,437	319	2,332	23,087	8,426,709
16	2041	20,600	321	2,350	23,272	8,494,123
17	2042	20,765	324	2,369	23,458	8,562,076
18	2043	20,931	326	2,388	23,645	8,630,573
19	2044	21,098	329	2,407	23,835	8,699,617
20	2045	21,267	332	2,427	24,025	8,769,214

Fuente: Memoria de cálculo

13. Diagnóstico de la Interacción de la Oferta-Demanda a lo largo del horizonte de evaluación

El estado físico y las características geométricas de una carretera o autopista, tienen una influencia directa sobre la velocidad con la que circulan los vehículos en ella, de tal manera que un camino en buen estado y altas especificaciones de diseño, permite la circulación a velocidades más altas que un camino deteriorado. Este incremento en la velocidad de operación permite una reducción en los tiempos de recorrido.

Velocidades y tiempos de recorrido.

El estado físico y las características geométricas de una carretera o autopista, tienen una influencia directa sobre la velocidad con la que circulan los vehículos en ella, de tal manera que un camino en buen estado, con un bajo nivel de congestión y altas especificaciones de diseño, permite la circulación a velocidades más altas que un camino deteriorado. Este incremento en la velocidad de operación permite una reducción en los tiempos de recorrido. De acuerdo a las medidas de optimización empleadas, se considera un aumento en las velocidades, ya que la superficie se encontrará en condiciones regulares.

En la siguiente tabla se muestran las velocidades y tiempos de recorrido tomando en cuenta la ejecución del proyecto.



Tabla 56 Velocidades de Recorrido con Proyecto

Tramo	Velocidades (km/hr) Situación con Proyecto			
	A	B	C	Promedio
Tramo 1: 0+000 al 0+910	44.27	40.61	37.80	40.89
Tramo 1: 0+000 al 0+910	35.16	32.43	30.59	32.73
Subtramo (PSV): 2+400 al 3+000	49.10	43.20	40.50	44.27
Total/ promedio	42.84	38.75	36.30	39.29

Fuente: Memoria de cálculo

Tabla 57 Tiempos de Recorrido con Proyecto

Tramo	Tiempos Recorridos Situación con Proyecto				
	Longitud (KM)	A	B	C	Promedio
Tramo 1: 0+000 al 0+910	0.91	00:01:14	00:01:21	00:01:27	00:01:20
Tramo 1: 0+000 al 0+910	2.09	00:03:34	00:03:52	00:04:06	00:03:50
Subtramo (PSV): 2+400 al 3+000	0.60	00:00:44	00:00:50	00:00:53	00:00:49
TOTAL		00:05:32	00:06:03	00:06:26	00:05:59

Fuente: Memoria de cálculo

Costos de Operación vehicular (Situación con Proyecto)

Los costos de operación vehicular se miden en términos monetarios. Para su cálculo se incluye el costo de combustibles y lubricantes, desgaste de llantas y elementos de frenado, deterioro del sistema de suspensión y de embrague, así como los costos de refacciones, mantenimiento y depreciación del vehículo. El COV es sensible a las características geométricas del camino, tales como pendientes, grados de curvatura, IRI y altitud sobre el nivel del mar.

Para obtención de los COV del presente proyecto se hará uso de los valores reportados por el Instituto Mexicano del Transporte (IMT) en su publicación Técnica No. 838, 2024, así como las características técnicas de los vehículos que operan en México y de las características representativas de las carreteras en México para los diferentes tipos de terreno: plano, lomerío y montañoso²³.

A continuación se presentan los datos que se tomaron en cuenta de la Nota Técnica No. 838, 2024 para el análisis y cálculo de los Costos de Operación Vehicular, de acuerdo a la variación del IRI, que para la situación con proyecto es de 3 mm/m y tipo de terreno plano.

Tabla 58 Costos de operación vehicular Situación con Proyecto

Tramo	Costos de Operación Vehicular ((\$/km)/vehículo) Situación con Proyecto			
	IRI (mm/m)	A	B	C
Tramo 1: 0+000 al 0+910	3	\$ 7.41	\$ 20.54	\$ 13.26
Tramo 1: 0+000 al 0+910	3	\$ 7.41	\$ 20.54	\$ 13.26
Subtramo (PSV): 2+400 al 3+000	3	\$ 7.41	\$ 20.54	\$ 13.26

Fuente: Memoria de cálculo

²³ Costos de operación base de los vehículos representativos del transporte interurbano 2024



Costo del Tiempo de Recorrido (CRT)

El CTR representa el valor, en términos monetarios, del tiempo de viaje de las personas que viajan en cada tipo de vehículo. Está dado por el valor unitario del tiempo de las personas (peso/hora) multiplicado por el tiempo de recorrido en horas y por el número de pasajeros. El segundo insumo importante es precisamente el valor económico del tiempo de los usuarios. Estos valores se tomaron del Boletín Notas 195, Artículo 1, enero-febrero de 2024, del IMT. La configuración del valor del tiempo de los usuarios que se empleó se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 59 Parámetros para el valor del Tiempo de Recorrido Situación con proyecto

Características Valor Tiempo	
Salario Mínimo General Promedio (\$)	278.80
Valor tiempo por motivo de trabajo	103.16
% coeficiente tiempo motivo trabajo	70.00%
Valor del tiempo por motivo de placer	61.90
% coeficiente tiempo motivo placer	30.00%
Coeficiente de pasajeros por Auto	2.00
Coeficiente de pasajeros por Bus	23.00
Coeficiente de pasajeros por camión carga	1.00
Toneladas promedio (ton/veh)	15.00
Valor del tiempo de la carga (\$/h/ton)	129.52

Fuente: Estimación del tiempo de los ocupantes de los vehículos que circulan por la red carretera de México, 2024, NOTAS núm. 195, ENERO-FEBRERO 2024, artículo 1, Instituto Mexicano Transporte

Costos representativos del análisis costo beneficio respecto a la situación con proyecto.

A continuación, se presenta el cuadro con los CGV en la Situación sin proyecto, con base en las modificaciones realizadas al IRI y a las velocidades promedio de circulación para los tramos del proyecto. Aunado a lo anterior se considerará un porcentaje de 0.80% de inflación que se pudiera presentar en el horizonte de evaluación en los costos de operación vehicular. Esto tomando como referencia económica la tasa de crecimiento.

Se presenta a continuación el cuadro con los CGV en la Situación con proyecto, con base en las modificaciones realizadas al IRI y a las velocidades promedio de circulación por cada tramo del proyecto.

Tabla 60 Costos representativos de la situación con proyecto

Tramo 1: 0+000 al 0+910							
Costos de Operación Vehicular							
COV (\$/km)				Situación Con Proyecto			TC
Costo de Operación (\$/veh/km)				Costo de Operación (\$)			0.80%
Año	A	B	C	A	B	C	Total
0 2025				-	-	-	-
1 2026	\$7.41	\$20.54	\$13.26	\$91,974,129.25	\$1,484,597.22	\$8,712,826.04	\$102,171,552.51
2 2027	\$7.47	\$20.70	\$13.37	\$93,451,601.66	\$1,508,445.79	\$8,852,788.88	\$103,812,836.33
3 2028	\$7.53	\$20.87	\$13.47	\$94,952,808.19	\$1,532,677.46	\$8,995,000.08	\$105,480,485.73
4 2029	\$7.59	\$21.04	\$13.58	\$96,478,130.10	\$1,557,298.40	\$9,139,495.76	\$107,174,924.25
5 2030	\$7.65	\$21.21	\$13.69	\$98,027,954.78	\$1,582,314.84	\$9,286,312.62	\$108,896,582.24
6 2031	\$7.71	\$21.37	\$13.80	\$99,602,675.85	\$1,607,733.14	\$9,435,487.95	\$110,645,896.93
7 2032	\$7.77	\$21.55	\$13.91	\$101,202,693.23	\$1,633,559.77	\$9,587,059.62	\$112,423,312.62
8 2033	\$7.84	\$21.72	\$14.02	\$102,828,413.29	\$1,659,801.27	\$9,741,066.15	\$114,229,280.72

Análisis Costo-Beneficio a nivel de perfil



9	2034	\$7.90	\$21.89	\$14.13	\$104,480,248.93	\$1,686,464.32	\$9,897,546.64	\$116,064,259.88
10	2035	\$7.96	\$22.07	\$14.25	\$106,158,619.64	\$1,713,555.68	\$10,056,540.83	\$117,928,716.15
11	2036	\$8.02	\$22.24	\$14.36	\$107,863,951.71	\$1,741,082.24	\$10,218,089.10	\$119,823,123.05
12	2037	\$8.09	\$22.42	\$14.47	\$109,596,678.23	\$1,769,050.99	\$10,382,232.48	\$121,747,961.70
13	2038	\$8.15	\$22.60	\$14.59	\$111,357,239.27	\$1,797,469.02	\$10,549,012.66	\$123,703,720.95
14	2039	\$8.22	\$22.78	\$14.71	\$113,146,081.96	\$1,826,343.56	\$10,718,472.00	\$125,690,897.53
15	2040	\$8.28	\$22.96	\$14.82	\$114,963,660.62	\$1,855,681.95	\$10,890,653.54	\$127,709,996.11
16	2041	\$8.35	\$23.15	\$14.94	\$116,810,436.87	\$1,885,491.62	\$11,065,601.00	\$129,761,529.48
17	2042	\$8.42	\$23.33	\$15.06	\$118,686,879.72	\$1,915,780.16	\$11,243,358.81	\$131,846,018.69
18	2043	\$8.48	\$23.52	\$15.18	\$120,593,465.76	\$1,946,555.25	\$11,423,972.13	\$133,963,993.14
19	2044	\$8.55	\$23.71	\$15.30	\$122,530,679.19	\$1,977,824.71	\$11,607,486.81	\$136,115,990.72
20	2045	\$8.62	\$23.90	\$15.43	\$124,499,012.02	\$2,009,596.49	\$11,793,949.48	\$138,302,558.00
21	2046	\$8.69	\$24.09	\$15.55	\$126,498,964.15	\$2,041,878.65	\$11,983,407.49	\$140,524,250.29
22	2047	\$8.76	\$24.28	\$15.68	\$128,531,043.51	\$2,074,679.39	\$12,175,908.95	\$142,781,631.85
23	2048	\$8.83	\$24.48	\$15.80	\$130,595,766.20	\$2,108,007.04	\$12,371,502.75	\$145,075,275.98
24	2049	\$8.90	\$24.67	\$15.93	\$132,693,656.58	\$2,141,870.06	\$12,570,238.57	\$147,405,765.21
25	2050	\$8.97	\$24.87	\$16.05	\$134,825,247.48	\$2,176,277.06	\$12,772,166.88	\$149,773,691.43
26	2051	\$9.04	\$25.07	\$16.18	\$136,991,080.26	\$2,211,236.78	\$12,977,338.97	\$152,179,656.00
27	2052	\$9.12	\$25.27	\$16.31	\$139,191,704.97	\$2,246,758.08	\$13,185,806.94	\$154,624,270.00
28	2053	\$9.19	\$25.47	\$16.44	\$141,427,680.52	\$2,282,850.01	\$13,397,623.74	\$157,108,154.27
29	2054	\$9.26	\$25.67	\$16.57	\$143,699,574.78	\$2,319,521.71	\$13,612,843.17	\$159,631,939.66
30	2055	\$9.34	\$25.88	\$16.71	\$146,007,964.75	\$2,356,782.51	\$13,831,519.88	\$162,196,267.14

Valor Tiempo								
Velocidad de Recorrido (km/hr)				Situación Con Proyecto			Total	
				Valor Tiempo				
Año	A	B	C	A	B	C		
0	2025				-	-	-	-
1	2026	44.27	40.61	37.80	\$57,181,379.02	\$4,174,400.81	\$33,771,613.78	\$95,127,393.61
2	2027	43.91	40.28	37.50	\$58,103,659.33	\$4,241,729.86	\$34,316,317.23	\$96,661,706.41
3	2028	43.56	39.96	37.20	\$59,040,815.12	\$4,310,144.85	\$34,869,806.22	\$98,220,766.19
4	2029	43.21	39.64	36.90	\$59,993,086.33	\$4,379,663.32	\$35,432,222.45	\$99,804,972.10
5	2030	42.87	39.32	36.60	\$60,960,716.76	\$4,450,303.05	\$36,003,709.91	\$101,414,729.71
6	2031	42.52	39.01	36.31	\$61,943,954.12	\$4,522,082.13	\$36,584,414.90	\$103,050,451.16
7	2032	42.18	38.69	36.02	\$62,943,050.16	\$4,595,018.94	\$37,174,486.11	\$104,712,555.21
8	2033	41.84	38.38	35.73	\$63,958,260.65	\$4,669,132.15	\$37,774,074.60	\$106,401,467.39
9	2034	41.51	38.08	35.45	\$64,989,845.49	\$4,744,440.73	\$38,383,333.87	\$108,117,620.09
10	2035	41.18	37.77	35.16	\$66,038,068.81	\$4,820,963.97	\$39,002,419.90	\$109,861,452.67
11	2036	40.85	37.47	34.88	\$67,103,198.95	\$4,898,721.45	\$39,631,491.18	\$111,633,411.59
12	2037	40.52	37.17	34.60	\$68,185,508.61	\$4,977,733.09	\$40,270,708.78	\$113,433,950.48
13	2038	40.20	36.87	34.33	\$69,285,274.88	\$5,058,019.11	\$40,920,236.34	\$115,263,530.33
14	2039	39.88	36.58	34.05	\$70,402,779.31	\$5,139,600.06	\$41,580,240.16	\$117,122,619.53
15	2040	39.56	36.29	33.78	\$71,538,308.01	\$5,222,496.84	\$42,250,889.19	\$119,011,694.04
16	2041	39.24	36.00	33.51	\$72,692,151.69	\$5,306,730.66	\$42,932,355.15	\$120,931,237.49
17	2042	38.93	35.71	33.24	\$73,864,605.75	\$5,392,323.09	\$43,624,812.49	\$122,881,741.32
18	2043	38.62	35.42	32.98	\$75,055,970.36	\$5,479,296.04	\$44,328,438.49	\$124,863,704.89
19	2044	38.31	35.14	32.71	\$76,266,550.52	\$5,567,671.78	\$45,043,413.31	\$126,877,635.62
20	2045	38.00	34.86	32.45	\$77,496,656.18	\$5,657,472.94	\$45,769,919.98	\$128,924,049.09
21	2046	37.70	34.58	32.19	\$78,746,602.25	\$5,748,722.50	\$46,508,144.49	\$131,003,469.24
22	2047	37.39	34.30	31.93	\$80,016,708.73	\$5,841,443.83	\$47,258,275.85	\$133,116,428.42

Análisis Costo-Beneficio a nivel de perfil



23	2048	37.10	34.03	31.68	\$81,307,300.81	\$5,935,660.67	\$48,020,506.11	\$135,263,467.59
24	2049	36.80	33.76	31.42	\$82,618,708.89	\$6,031,397.13	\$48,795,030.40	\$137,445,136.42
25	2050	36.50	33.49	31.17	\$83,951,268.71	\$6,128,677.73	\$49,582,047.02	\$139,661,993.46
26	2051	36.21	33.22	30.92	\$85,305,321.43	\$6,227,527.37	\$50,381,757.46	\$141,914,606.26
27	2052	35.92	32.95	30.68	\$86,681,213.71	\$6,327,971.36	\$51,194,366.45	\$144,203,551.52
28	2053	35.63	32.69	30.43	\$88,079,297.80	\$6,430,035.42	\$52,020,082.04	\$146,529,415.25
29	2054	35.35	32.43	30.19	\$89,499,931.64	\$6,533,745.66	\$52,859,115.62	\$148,892,792.92
30	2055	35.07	32.17	29.95	\$90,943,478.92	\$6,639,128.66	\$53,711,682.00	\$151,294,289.58

CGV'S Anuales (\$)					
Año		A	B	C	Total
0	2025	-	-	-	-
1	2026	\$149,155,508.26	\$5,658,998.03	\$42,484,439.82	\$197,298,946.12
2	2027	\$151,555,260.98	\$5,750,175.65	\$43,169,106.11	\$200,474,542.74
3	2028	\$153,993,623.31	\$5,842,822.32	\$43,864,806.30	\$203,701,251.92
4	2029	\$156,471,216.43	\$5,936,961.71	\$44,571,718.21	\$206,979,896.35
5	2030	\$158,988,671.54	\$6,032,617.89	\$45,290,022.53	\$210,311,311.95
6	2031	\$161,546,629.97	\$6,129,815.27	\$46,019,902.85	\$213,696,348.09
7	2032	\$164,145,743.39	\$6,228,578.71	\$46,761,545.74	\$217,135,867.83
8	2033	\$166,786,673.94	\$6,328,933.42	\$47,515,140.75	\$220,630,748.11
9	2034	\$169,470,094.42	\$6,430,905.05	\$48,280,880.50	\$224,181,879.97
10	2035	\$172,196,688.45	\$6,534,519.65	\$49,058,960.72	\$227,790,168.83
11	2036	\$174,967,150.66	\$6,639,803.69	\$49,849,580.28	\$231,456,534.64
12	2037	\$177,782,186.84	\$6,746,784.08	\$50,652,941.26	\$235,181,912.18
13	2038	\$180,642,514.15	\$6,855,488.13	\$51,469,249.01	\$238,967,251.29
14	2039	\$183,548,861.27	\$6,965,943.62	\$52,298,712.16	\$242,813,517.06
15	2040	\$186,501,968.63	\$7,078,178.78	\$53,141,542.73	\$246,721,690.14
16	2041	\$189,502,588.56	\$7,192,222.28	\$53,997,956.14	\$250,692,766.97
17	2042	\$192,551,485.47	\$7,308,103.24	\$54,868,171.30	\$254,727,760.01
18	2043	\$195,649,436.12	\$7,425,851.29	\$55,752,410.62	\$258,827,698.03
19	2044	\$198,797,229.72	\$7,545,496.50	\$56,650,900.12	\$262,993,626.34
20	2045	\$201,995,668.20	\$7,667,069.43	\$57,563,869.46	\$267,226,607.09
21	2046	\$205,245,566.40	\$7,790,601.15	\$58,491,551.98	\$271,527,719.53
22	2047	\$208,547,752.25	\$7,916,123.22	\$59,434,184.80	\$275,898,060.27
23	2048	\$211,903,067.01	\$8,043,667.71	\$60,392,008.86	\$280,338,743.57
24	2049	\$215,312,365.47	\$8,173,267.19	\$61,365,268.97	\$284,850,901.63
25	2050	\$218,776,516.19	\$8,304,954.79	\$62,354,213.90	\$289,435,684.89
26	2051	\$222,296,401.69	\$8,438,764.15	\$63,359,096.42	\$294,094,262.26
27	2052	\$225,872,918.68	\$8,574,729.45	\$64,380,173.39	\$298,827,821.52
28	2053	\$229,506,978.32	\$8,712,885.42	\$65,417,705.78	\$303,637,569.53
29	2054	\$233,199,506.42	\$8,853,267.37	\$66,471,958.79	\$308,524,732.58
30	2055	\$236,951,443.67	\$8,995,911.16	\$67,543,201.88	\$313,490,556.72

Tramo 2: 0+910 al 3+000

Costos de Operación Vehicular								
COV (\$/km)					Situación Con Proyecto			TC
Costo de Operación (\$/veh/km)					Costo de Operación (\$)			0.80%
Año		A	B	C	A	B	C	Total
0	2025				-	-	-	-
1	2026	\$7.41	\$20.54	\$13.26	\$235,570,022.87	\$4,480,516.44	\$20,558,895.47	\$260,609,434.78

Análisis Costo-Beneficio a nivel de perfil



2	2027	\$7.47	\$20.70	\$13.37	\$239,354,219.72	\$4,552,491.45	\$20,889,153.57	\$264,795,864.74
3	2028	\$7.53	\$20.87	\$13.47	\$243,199,205.91	\$4,625,622.67	\$21,224,716.93	\$269,049,545.51
4	2029	\$7.59	\$21.04	\$13.58	\$247,105,957.95	\$4,699,928.68	\$21,565,670.78	\$273,371,557.41
5	2030	\$7.65	\$21.21	\$13.69	\$251,075,468.06	\$4,775,428.33	\$21,912,101.72	\$277,762,998.11
6	2031	\$7.71	\$21.37	\$13.80	\$255,108,744.38	\$4,852,140.81	\$22,264,097.72	\$282,224,982.91
7	2032	\$7.77	\$21.55	\$13.91	\$259,206,811.25	\$4,930,085.60	\$22,621,748.19	\$286,758,645.04
8	2033	\$7.84	\$21.72	\$14.02	\$263,370,709.46	\$5,009,282.50	\$22,985,143.95	\$291,365,135.91
9	2034	\$7.90	\$21.89	\$14.13	\$267,601,496.54	\$5,089,751.61	\$23,354,377.30	\$296,045,625.45
10	2035	\$7.96	\$22.07	\$14.25	\$271,900,246.98	\$5,171,513.38	\$23,729,542.02	\$300,801,302.38
11	2036	\$8.02	\$22.24	\$14.36	\$276,268,052.55	\$5,254,588.57	\$24,110,733.38	\$305,633,374.50
12	2037	\$8.09	\$22.42	\$14.47	\$280,706,022.55	\$5,338,998.28	\$24,498,048.20	\$310,543,069.03
13	2038	\$8.15	\$22.60	\$14.59	\$285,215,284.09	\$5,424,763.95	\$24,891,584.85	\$315,531,632.89
14	2039	\$8.22	\$22.78	\$14.71	\$289,796,982.41	\$5,511,907.36	\$25,291,443.27	\$320,600,333.04
15	2040	\$8.28	\$22.96	\$14.82	\$294,452,281.14	\$5,600,450.64	\$25,697,725.01	\$325,750,456.79
16	2041	\$8.35	\$23.15	\$14.94	\$299,182,362.58	\$5,690,416.28	\$26,110,533.27	\$330,983,312.13
17	2042	\$8.42	\$23.33	\$15.06	\$303,988,428.06	\$5,781,827.12	\$26,529,972.88	\$336,300,228.06
18	2043	\$8.48	\$23.52	\$15.18	\$308,871,698.17	\$5,874,706.40	\$26,956,150.36	\$341,702,554.92
19	2044	\$8.55	\$23.71	\$15.30	\$313,833,413.12	\$5,969,077.68	\$27,389,173.96	\$347,191,664.76
20	2045	\$8.62	\$23.90	\$15.43	\$318,874,833.07	\$6,064,964.94	\$27,829,153.65	\$352,768,951.67
21	2046	\$8.69	\$24.09	\$15.55	\$323,997,238.39	\$6,162,392.54	\$28,276,201.17	\$358,435,832.11
22	2047	\$8.76	\$24.28	\$15.68	\$329,201,930.03	\$6,261,385.21	\$28,730,430.07	\$364,193,745.31
23	2048	\$8.83	\$24.48	\$15.80	\$334,490,229.83	\$6,361,968.11	\$29,191,955.70	\$370,044,153.64
24	2049	\$8.90	\$24.67	\$15.93	\$339,863,480.89	\$6,464,166.76	\$29,660,895.27	\$375,988,542.92
25	2050	\$8.97	\$24.87	\$16.05	\$345,323,047.84	\$6,568,007.14	\$30,137,367.90	\$382,028,422.87
26	2051	\$9.04	\$25.07	\$16.18	\$350,870,317.28	\$6,673,515.60	\$30,621,494.57	\$388,165,327.46
27	2052	\$9.12	\$25.27	\$16.31	\$356,506,698.06	\$6,780,718.96	\$31,113,398.26	\$394,400,815.28
28	2053	\$9.19	\$25.47	\$16.44	\$362,233,621.66	\$6,889,644.43	\$31,613,203.89	\$400,736,469.98
29	2054	\$9.26	\$25.67	\$16.57	\$368,052,542.56	\$7,000,319.68	\$32,121,038.40	\$407,173,900.63
30	2055	\$9.34	\$25.88	\$16.71	\$373,964,938.60	\$7,112,772.81	\$32,637,030.76	\$413,714,742.17

Valor Tiempo								
Velocidad de Recorrido (km/hr)				Situación Con Proyecto			Total	
				Valor Tiempo				
Año	A	B	C	A	B	C		
0	2025			-	-	-	-	
1	2026	35.16	32.43	30.59	\$184,382,868.11	\$15,774,156.44	\$98,486,309.63	\$298,643,334.18
2	2027	34.88	32.17	30.34	\$187,356,785.33	\$16,028,578.32	\$100,074,798.49	\$303,460,162.15
3	2028	34.60	31.91	30.10	\$190,378,668.97	\$16,287,103.78	\$101,688,908.15	\$308,354,680.89
4	2029	34.32	31.66	29.86	\$193,449,292.66	\$16,549,799.00	\$103,329,051.83	\$313,328,143.49
5	2030	34.05	31.40	29.62	\$196,569,442.54	\$16,816,731.24	\$104,995,649.44	\$318,381,823.22
6	2031	33.78	31.15	29.38	\$199,739,917.42	\$17,087,968.84	\$106,689,127.65	\$323,517,013.92
7	2032	33.51	30.90	29.15	\$202,961,528.99	\$17,363,581.24	\$108,409,920.04	\$328,735,030.27
8	2033	33.24	30.66	28.91	\$206,235,102.04	\$17,643,639.00	\$110,158,467.13	\$334,037,208.18
9	2034	32.97	30.41	28.68	\$209,561,474.65	\$17,928,213.83	\$111,935,216.60	\$339,424,905.08
10	2035	32.71	30.17	28.45	\$212,941,498.44	\$18,217,378.56	\$113,740,623.32	\$344,899,500.33
11	2036	32.45	29.93	28.22	\$216,376,038.74	\$18,511,207.25	\$115,575,149.50	\$350,462,395.49
12	2037	32.19	29.69	28.00	\$219,865,974.85	\$18,809,775.11	\$117,439,264.82	\$356,115,014.77
13	2038	31.93	29.45	27.77	\$223,412,200.25	\$19,113,158.58	\$119,333,446.51	\$361,858,805.34
14	2039	31.67	29.21	27.55	\$227,015,622.83	\$19,421,435.33	\$121,258,179.52	\$367,695,237.68
15	2040	31.42	28.98	27.33	\$230,677,165.13	\$19,734,684.29	\$123,213,956.61	\$373,625,806.03
16	2041	31.17	28.75	27.11	\$234,397,764.57	\$20,052,985.65	\$125,201,278.49	\$379,652,028.71

Análisis Costo-Beneficio a nivel de perfil



17	2042	30.92	28.52	26.90	\$238,178,373.68	\$20,376,420.90	\$127,220,653.95	\$385,775,448.53
18	2043	30.67	28.29	26.68	\$242,019,960.35	\$20,705,072.85	\$129,272,599.98	\$391,997,633.18
19	2044	30.43	28.06	26.47	\$245,923,508.10	\$21,039,025.64	\$131,357,641.91	\$398,320,175.65
20	2045	30.18	27.84	26.26	\$249,890,016.29	\$21,378,364.76	\$133,476,313.56	\$404,744,694.61
21	2046	29.94	27.62	26.05	\$253,920,500.43	\$21,723,177.10	\$135,629,157.32	\$411,272,834.85
22	2047	29.70	27.40	25.84	\$258,015,992.37	\$22,073,550.92	\$137,816,724.38	\$417,906,267.67
23	2048	29.46	27.18	25.63	\$262,177,540.63	\$22,429,575.93	\$140,039,574.77	\$424,646,691.34
24	2049	29.23	26.96	25.43	\$266,406,210.64	\$22,791,343.29	\$142,298,277.59	\$431,495,831.52
25	2050	29.00	26.74	25.22	\$270,703,085.01	\$23,158,945.60	\$144,593,411.10	\$438,455,441.71
26	2051	28.76	26.53	25.02	\$275,069,263.80	\$23,532,476.98	\$146,925,562.89	\$445,527,303.67
27	2052	28.53	26.32	24.82	\$279,505,864.83	\$23,912,033.06	\$149,295,330.04	\$452,713,227.92
28	2053	28.31	26.11	24.62	\$284,014,023.94	\$24,297,711.01	\$151,703,319.23	\$460,015,054.18
29	2054	28.08	25.90	24.43	\$288,594,895.29	\$24,689,609.58	\$154,150,146.96	\$467,434,651.83
30	2055	27.85	25.69	24.23	\$293,249,651.67	\$25,087,829.09	\$156,636,439.65	\$474,973,920.41

CGV'S Anuales (\$)					
Año		A	B	C	Total
0	2025	-	-	-	-
1	2026	\$419,952,890.98	\$20,254,672.88	\$119,045,205.10	\$559,252,768.96
2	2027	\$426,711,005.05	\$20,581,069.77	\$120,963,952.06	\$568,256,026.89
3	2028	\$433,577,874.87	\$20,912,726.45	\$122,913,625.08	\$577,404,226.40
4	2029	\$440,555,250.61	\$21,249,727.67	\$124,894,722.61	\$586,699,700.90
5	2030	\$447,644,910.60	\$21,592,159.57	\$126,907,751.16	\$596,144,821.33
6	2031	\$454,848,661.80	\$21,940,109.65	\$128,953,225.38	\$605,741,996.83
7	2032	\$462,168,340.24	\$22,293,666.84	\$131,031,668.22	\$615,493,675.31
8	2033	\$469,605,811.51	\$22,652,921.50	\$133,143,611.08	\$625,402,344.09
9	2034	\$477,162,971.20	\$23,017,965.44	\$135,289,593.91	\$635,470,530.54
10	2035	\$484,841,745.42	\$23,388,891.94	\$137,470,165.34	\$645,700,802.71
11	2036	\$492,644,091.29	\$23,765,795.82	\$139,685,882.89	\$656,095,770.00
12	2037	\$500,571,997.39	\$24,148,773.39	\$141,937,313.02	\$666,658,083.81
13	2038	\$508,627,484.34	\$24,537,922.53	\$144,225,031.36	\$677,390,438.23
14	2039	\$516,812,605.25	\$24,933,342.69	\$146,549,622.79	\$688,295,570.72
15	2040	\$525,129,446.28	\$25,335,134.93	\$148,911,681.62	\$699,376,262.82
16	2041	\$533,580,127.16	\$25,743,401.92	\$151,311,811.76	\$710,635,340.84
17	2042	\$542,166,801.74	\$26,158,248.02	\$153,750,626.82	\$722,075,676.58
18	2043	\$550,891,658.52	\$26,579,779.25	\$156,228,750.34	\$733,700,188.10
19	2044	\$559,756,921.22	\$27,008,103.32	\$158,746,815.87	\$745,511,840.41
20	2045	\$568,764,849.37	\$27,443,329.70	\$161,305,467.21	\$757,513,646.28
21	2046	\$577,917,738.82	\$27,885,569.64	\$163,905,358.50	\$769,708,666.95
22	2047	\$587,217,922.40	\$28,334,936.13	\$166,547,154.45	\$782,100,012.98
23	2048	\$596,667,770.47	\$28,791,544.04	\$169,231,530.47	\$794,690,844.98
24	2049	\$606,269,691.53	\$29,255,510.05	\$171,959,172.86	\$807,484,374.44
25	2050	\$616,026,132.85	\$29,726,952.74	\$174,730,779.00	\$820,483,864.58
26	2051	\$625,939,581.08	\$30,205,992.58	\$177,547,057.47	\$833,692,631.13
27	2052	\$636,012,562.89	\$30,692,752.02	\$180,408,728.30	\$847,114,043.20
28	2053	\$646,247,645.60	\$31,187,355.44	\$183,316,523.12	\$860,751,524.16
29	2054	\$656,647,437.85	\$31,689,929.25	\$186,271,185.36	\$874,608,552.46
30	2055	\$667,214,590.27	\$32,200,601.90	\$189,273,470.41	\$888,688,662.58

Análisis Costo-Beneficio a nivel de perfil



Subtramo (PSV): 2+400 al 3+000								
Costos de Operación Vehicular								
COV (\$/km)				Situación Con Proyecto			TC	
Costo de Operación (\$/veh/km)				Costo de Operación (\$)			0.00%	
Año	A	B	C	A	B	C	Total	
0	2025			-	-	-	-	
1	2026	\$7.41	\$20.54	\$13.26	\$29,663,434.18	\$1,281,862.20	\$6,056,569.61	\$37,001,865.99
2	2027	\$7.47	\$20.70	\$13.37	\$30,139,947.59	\$1,302,454.03	\$6,153,862.35	\$37,596,263.97
3	2028	\$7.53	\$20.87	\$13.47	\$30,624,115.71	\$1,323,376.66	\$6,252,717.99	\$38,200,210.35
4	2029	\$7.59	\$21.04	\$13.58	\$31,116,061.50	\$1,344,635.38	\$6,353,161.65	\$38,813,858.53
5	2030	\$7.65	\$21.21	\$13.69	\$31,615,909.91	\$1,366,235.60	\$6,455,218.84	\$39,437,364.36
6	2031	\$7.71	\$21.37	\$13.80	\$32,123,787.89	\$1,388,182.81	\$6,558,915.48	\$40,070,886.18
7	2032	\$7.77	\$21.55	\$13.91	\$32,639,824.42	\$1,410,482.58	\$6,664,277.89	\$40,714,584.89
8	2033	\$7.84	\$21.72	\$14.02	\$33,164,150.56	\$1,433,140.57	\$6,771,332.85	\$41,368,623.98
9	2034	\$7.90	\$21.89	\$14.13	\$33,696,899.47	\$1,456,162.54	\$6,880,107.55	\$42,033,169.56
10	2035	\$7.96	\$22.07	\$14.25	\$34,238,206.47	\$1,479,554.34	\$6,990,629.59	\$42,708,390.40
11	2036	\$8.02	\$22.24	\$14.36	\$34,788,209.02	\$1,503,321.90	\$7,102,927.07	\$43,394,457.98
12	2037	\$8.09	\$22.42	\$14.47	\$35,347,046.81	\$1,527,471.26	\$7,217,028.49	\$44,091,546.55
13	2038	\$8.15	\$22.60	\$14.59	\$35,914,861.77	\$1,552,008.56	\$7,332,962.83	\$44,799,833.16
14	2039	\$8.22	\$22.78	\$14.71	\$36,491,798.10	\$1,576,940.02	\$7,450,759.55	\$45,519,497.68
15	2040	\$8.28	\$22.96	\$14.82	\$37,078,002.35	\$1,602,271.99	\$7,570,448.55	\$46,250,722.89
16	2041	\$8.35	\$23.15	\$14.94	\$37,673,623.38	\$1,628,010.88	\$7,692,060.24	\$46,993,694.50
17	2042	\$8.42	\$23.33	\$15.06	\$38,278,812.47	\$1,654,163.25	\$7,815,625.49	\$47,748,601.21
18	2043	\$8.48	\$23.52	\$15.18	\$38,893,723.31	\$1,680,735.73	\$7,941,175.70	\$48,515,634.74
19	2044	\$8.55	\$23.71	\$15.30	\$39,518,512.08	\$1,707,735.07	\$8,068,742.75	\$49,294,989.89
20	2045	\$8.62	\$23.90	\$15.43	\$40,153,337.46	\$1,735,168.13	\$8,198,359.03	\$50,086,864.61

Valor Tiempo								
Velocidad de Recorrido (km/hr)				Situación Con Proyecto			Total	
				Valor Tiempo				
Año	A	B	C	A	B	C		
0	2025							
1	2026	49.10	43.20	40.50	\$16,627,753.31	\$3,387,837.82	\$21,910,700.41	\$41,926,291.54
2	2027	48.70	42.85	40.18	\$16,895,942.88	\$3,442,480.36	\$22,264,098.80	\$42,602,522.05
3	2028	48.31	42.51	39.85	\$17,168,458.09	\$3,498,004.24	\$22,623,197.17	\$43,289,659.50
4	2029	47.93	42.17	39.54	\$17,445,368.70	\$3,554,423.66	\$22,988,087.45	\$43,987,879.82
5	2030	47.54	41.83	39.22	\$17,726,745.62	\$3,611,753.08	\$23,358,863.05	\$44,697,361.75
6	2031	47.16	41.50	38.91	\$18,012,660.87	\$3,670,007.16	\$23,735,618.91	\$45,418,286.94
7	2032	46.79	41.17	38.59	\$18,303,187.66	\$3,729,200.82	\$24,118,451.47	\$46,150,839.95
8	2033	46.41	40.84	38.29	\$18,598,400.36	\$3,789,349.22	\$24,507,458.75	\$46,895,208.34
9	2034	46.04	40.51	37.98	\$18,898,374.56	\$3,850,467.76	\$24,902,740.35	\$47,651,582.67
10	2035	45.67	40.19	37.68	\$19,203,187.05	\$3,912,572.08	\$25,304,397.45	\$48,420,156.58
11	2036	45.31	39.87	37.37	\$19,512,915.88	\$3,975,678.08	\$25,712,532.89	\$49,201,126.85
12	2037	44.94	39.55	37.08	\$19,827,640.33	\$4,039,801.92	\$26,127,251.16	\$49,994,693.41
13	2038	44.58	39.23	36.78	\$20,147,440.98	\$4,104,960.02	\$26,548,658.44	\$50,801,059.43
14	2039	44.23	38.92	36.48	\$20,472,399.70	\$4,171,169.05	\$26,976,862.61	\$51,620,431.36
15	2040	43.87	38.61	36.19	\$20,802,599.70	\$4,238,445.97	\$27,411,973.30	\$52,453,018.96
16	2041	43.52	38.30	35.90	\$21,138,125.50	\$4,306,808.00	\$27,854,101.90	\$53,299,035.40
17	2042	43.17	37.99	35.62	\$21,479,063.01	\$4,376,272.65	\$28,303,361.61	\$54,158,697.26
18	2043	42.83	37.69	35.33	\$21,825,499.51	\$4,446,857.69	\$28,759,867.44	\$55,032,224.63
19	2044	42.49	37.38	35.05	\$22,177,523.69	\$4,518,581.20	\$29,223,736.27	\$55,919,841.16
20	2045	42.15	37.09	34.77	\$22,535,225.69	\$4,591,461.54	\$29,695,086.85	\$56,821,774.08

Análisis Costo-Beneficio a nivel de perfil



CGV'S Anuales (\$)					
Año		A	B	C	Total
0	2025	-	-	-	-
1	2026	\$46,291,187.49	\$4,669,700.02	\$27,967,270.02	\$78,928,157.53
2	2027	\$47,035,890.47	\$4,744,934.40	\$28,417,961.15	\$80,198,786.02
3	2028	\$47,792,573.80	\$4,821,380.90	\$28,875,915.16	\$81,489,869.86
4	2029	\$48,561,430.21	\$4,899,059.04	\$29,341,249.10	\$82,801,738.35
5	2030	\$49,342,655.53	\$4,977,988.68	\$29,814,081.89	\$84,134,726.11
6	2031	\$50,136,448.76	\$5,058,189.97	\$30,294,534.39	\$85,489,173.12
7	2032	\$50,943,012.08	\$5,139,683.40	\$30,782,729.37	\$86,865,424.85
8	2033	\$51,762,550.92	\$5,222,489.79	\$31,278,791.61	\$88,263,832.32
9	2034	\$52,595,274.04	\$5,306,630.30	\$31,782,847.89	\$89,684,752.23
10	2035	\$53,441,393.52	\$5,392,126.41	\$32,295,027.04	\$91,128,546.98
11	2036	\$54,301,124.89	\$5,478,999.98	\$32,815,459.96	\$92,595,584.83
12	2037	\$55,174,687.13	\$5,567,273.18	\$33,344,279.65	\$94,086,239.96
13	2038	\$56,062,302.74	\$5,656,968.57	\$33,881,621.27	\$95,600,892.59
14	2039	\$56,964,197.81	\$5,748,109.07	\$34,427,622.16	\$97,139,929.04
15	2040	\$57,880,602.05	\$5,840,717.96	\$34,982,421.85	\$98,703,741.85
16	2041	\$58,811,748.88	\$5,934,818.88	\$35,546,162.13	\$100,292,729.90
17	2042	\$59,757,875.47	\$6,030,435.90	\$36,118,987.10	\$101,907,298.47
18	2043	\$60,719,222.82	\$6,127,593.42	\$36,701,043.14	\$103,547,859.37
19	2044	\$61,696,035.77	\$6,226,316.27	\$37,292,479.01	\$105,214,831.05
20	2045	\$62,688,563.15	\$6,326,629.67	\$37,893,445.88	\$106,908,638.69

Fuente: Elaboración propia



e. Evaluación del PPI

1. Identificación, Cuantificación y Valoración de los Costos del PPI

Etapas de ejecución.

La Rehabilitación del camino No. 3527 (México - Cuautla) - Santa Bárbara - Central, en el tramo del km 0+000 al km 3+000, en el municipio de Ixtapaluca- PROYECTO ZONA ORIENTE tendrá un costo de \$161,227,823.85 con el Impuesto al Valor Agregado (IVA), los recursos provendrán del Gasto de Inversión para el Desarrollo del Estado de México (GIDEM) 2025

Costo de inversión

Inversión con recursos GIDEM 2025

Tabla 61 Monto de Inversión

Componente	Descripción	Costo Unitario	Cantidad	Unidad de Medida	Monto total (sin IVA)
Cortes	Excavaciones ejecutadas a cielo abierto en el terreno natural, en ampliación de taludes, en rebajes de la corona de cortes o terraplenes existentes y en derrumbes, con objeto de preparar y formar la sección de la obra	\$381.02	18,729.48	m3	\$ 7,136,306.47
Capa Subrasante	Recompactación al 100% AASTHO, estándar del terreno natural en la superficie descubierta al despallar, escarificar y/o cortar, para la formación de la capa subrasante por el propio terreno natural	\$46.09	11,351.20	m3	\$ 523,176.81
Guarniciones	Guarniciones de concreto hidráulico f'c=150 Kg/cm2, de 0.09 m2 de sección transversal.	\$504.11	6,375.23	m	\$ 3,213,817.20
Banquetas	Banquetas de concreto hidráulico, para el tránsito de peatones en puentes y vialidades urbanas. Incluye la fabricación, suministro y colocación de concreto hidráulico, el suministro, habilitado y armado de acero de refuerzo	\$452.33	8,139.00	m2	\$ 3,681,513.87
Demoliciones	Trabajos para deshacer o desmontar estructuras o parte de ellas, seleccionando y estibando los materiales aprovechables y retirando los escombros, por unidad de obra terminada. En todos los casos de demolición y desmantelamiento	\$934.28	1,302.24	m3	\$ 1,216,656.79
Reposición de marco y rejilla de polietileno para coladera de banquetas	Reposición de marco y rejilla de polietileno para coladera de banquetas reforzado para tráfico pesado, polietileno de alta resistencia, resistencia 11 ton., peso total 30 kg y todo lo necesario para su correcta ejecución.	\$3,650.56	120.00	Pza	\$ 438,067.20
Reposición de marco y rejilla de	Reposición de marco y rejilla de polietileno para coladera de piso reforzado para tráfico pesado, polietileno de alta resistencia,	\$3,850.56	32.00	Pza	\$ 123,217.92

Análisis Costo-Beneficio a nivel de perfil



Componente	Descripción	Costo Unitario	Cantidad	Unidad de Medida	Monto total (sin IVA)
polietileno para coladera de piso	resistencia 11 ton., peso total 30 kg y todo lo necesario para su correcta ejecución				
Reposición de brocal y tapa de polietileno para pozo de visita	Reposición de brocal y tapa de polietileno para pozo de visita reforzado para tránsito pesado, capacidad de carga 20 ton. y todo lo necesario para su correcta ejecución	\$4,721.52	52.00	Pza	\$ 245,519.04
Reposición de brocal y tapa de polietileno para pozo de fibra óptica	Reposición de brocal y tapa de polietileno para pozo de fibra óptica (izzi) reforzado para tránsito pesado, capacidad de carga 20 ton. y todo lo necesario para su correcta ejecución.	\$2,850.56	10.00	Pza	\$ 28,505.60
Capa estabilizadora	Base estabilizada al 3% con cemento portland, compactado al 100% AASHTO (Incluye explotación de material en banco conforme a lo señalado en la norma N-CTR-CAR-1-01-008/00) cargas, descargas, acarreo, mezclado, tendido y compactación y todo lo necesario para su correcta ejecución).	\$1,062.59	14,189.00	m3	\$ 15,077,089.51
Riego de Impregnación	Emulsión asfáltica tipo ECI-60, en proporción de 1.5 Lt/m ² ,	\$35.26	12,600.00	m2	\$ 444,276.00
Arena para cubrir el riego de impregnación	Arena para cubrir el riego de impregnación PVS=1,400 Kg/m3, 6 Lt/m2	\$645.63	75.60	m3	\$ 48,809.63
Carpeta asfáltica	Carpeta asfáltica de granulometría densa, tamaño máximo de agregado de 3/4" a finos, compactada como mínimo al 95% de su PVM prueba Marshall,	\$5,948.13	1,512.00	m3	\$ 8,993,572.56
Losas de concreto hidráulico	Losas de concreto hidráulico con módulo de ruptura MR=45 Kg/cm2	\$6,594.32	11,351.20	m3	\$ 74,853,445.18
base hidráulica	Recompactación con calidad de base al 100% AASTHO modificada en la superficie descubierta al fresar, escarificar y/o recortar, para la formación de la capa de base	\$49.30	2,520.00	m3	\$ 124,236.00
Riego de sello	Riego de sello con material pétreo 3-A, en proporción de 12 Lt/m ² , premezclado con emulsión asfáltica de de rompimiento rápido diluida en agua o similar según procedimiento constructivo	\$76.91	12,600.00	m2	\$ 969,066.00
Recorte de pavimentos	Es el conjunto de actividades que se ejecutan para retirar la carpeta, base y subbase por medios mecánicos, a fin de sustituirlas por otras nuevas.	\$450.29	8,322.72	m3	\$ 3,747,637.59
Reposición de juntas de dilatación	Suministro y colocación de Junta de Calzada tipo MATRIX 501 de concreto polimérico termoplástico y agregado de granito negro de un ancho de 50 cm y espesor de 10 cm	\$7,878.87	351.00	m	\$ 2,765,483.37
Marcas en el pavimento	Raya separadora de carriles, discontinua.	\$29.25	1,800.00	m	\$ 52,650.00
Marcas en el pavimento	Raya en la orilla derecha, continua.	\$29.25	12,000.00	m	\$ 351,000.00

Análisis Costo-Beneficio a nivel de perfil



Componente	Descripción	Costo Unitario	Cantidad	Unidad de Medida	Monto total (sin IVA)
Marcas en el pavimento	Rayas para cruce de peatones en vías primarias.	\$71.29	116.00	Pza	\$ 8,269.64
Marcas en el pavimento	Flechas de 5.0 m de largo	\$771.83	18.00	Pza	\$ 13,892.94
marcas en guarniciones	Suministro y aplicación de pintura tráfico en guarniciones	\$55.99	10,852.00	m	\$ 607,603.48
Señales preventivas	Señal tipo SP en lamina galvanizada cal. 16 tipo charola con acabado fondo reflejante tipo "A", color amarillo, claves y símbolos con el fondo reflejante y/o Scotch-Cal color negro opaco.	\$4,845.30	3.00	Pza	\$ 14,535.90
Señales restrictivas	Señal tipo SR en lamina galvanizada cal. 16 tipo charola, con fondo reflejante tipo "A" color blanco, circulo en color rojo reflejante, claves, símbolos y leyendas en en tinta serigrafía translucida compatible en adherencia con el fondo reflejante y/o Scotch-Cal color negro opaco.	\$7,592.88	5.00	Pza	\$ 37,964.40
Señales informativas de destino	Tipo SID en lamina galvanizada cal. 16 tipo charola, con fondo verde reflejante tipo "A" color verde, claves, símbolos y leyendas en en reflejante tipo "A" color blanco.	\$7,480.09	4.00	Pza	\$ 29,920.36
Construcción de reductores de velocidad	Construcción de reductor de velocidad tipo simple, aplicando mezcla asfáltica con pendiente a 35° de 1.5 m. de ancho x 10 cm. de alto y 6.8 m de largo, pintado con rayas diagonales a 45° de 40 cm de ancho pintura blanca y amarilla a base de pintura termoplástica a la cual deberá adicionarse micro esfera de vidrio, con el objeto de que sea visible en la noche con la luz de los vehículos con el efecto de retro reflexión.	\$20,929.79	21.00	Pza	\$ 439,525.59
Unidad de iluminación interpostal	Alumbrado público de 2.8 m de altura, de sección triangular, con luz de acento en la columna del poste, fabricado de acero galvanizado de una sola pieza, sin soldadura aparente, acabado con pintura de aplicación electrostática curada al horno.	\$24,473.39	240.00	Pza	\$ 5,873,613.60
Luminaria solar	Luminaria solar para alumbrado público de 100w ip65 10000lm sistema solar all in one	\$32,849.40	240.00	Pza	\$ 7,883,856.00
Cartelera informativa	Cartelera informativa construida con Lámina galvanizada calibre 18, bastidor compuesto por perfil tubular rectangular (PTR) galvanizado 2" x 2", dividido en 2 secciones de 2.5 x 3 metros, postes compuestos de perfil tubular rectangular (PTR) de 4"	\$46,274.67	1.00	Pza	\$ 46,274.67
SUBTOTAL					\$138,989,503.32
IVA					\$22,238,320.53
TOTAL					\$161,227,823.85

Fuente: Elaboración propia



Costos por molestia

Aunado a lo anterior y para no sobre valorar los beneficios del proyecto se considerarán costos por molestias durante la ejecución; los cuales se presentan durante la construcción del proyecto se procederá a cerrar la circulación de dos carriles por cuerpo de circulación vehicular habilitando únicamente un carril para la circulación de cada sentido, esto ocasiona que las velocidades de recorrido se disminuyan en un 5% supuesto por la Junta de Caminos del Estado de México en proyectos similares.

Sin embargo debido a que la metodología del CEPEP 2004 no considera los costos por molestias se tomara como referencia exclusiva la Metodología para la Evaluación de Proyectos de Carreteras para los costos por molestia los cuales se calculan de la siguiente manera: ²⁴

$$\text{Costos por Molestias} = CGV_C - CGV_0$$

Dónde:

CGV_c es el costo generalizado durante la ejecución del proyecto

CGV₀ es el costo generalizado de viaje de la situación sin proyecto

Tabla 62 Costos por molestia

Tabla 02 Costos por Muestra									
Tramo 1: 0+000 al 0+910									
Situación Sin Proyecto					Situación Sin Proyecto				
Velocidad promedio (km/h)					COV (\$/km)				
Año		A	B	C	Año		A	B	C
0	2025	35	32	30	0	2025	\$ 8.16	\$ 21.63	\$ 14.79
Durante la Construcción					Durante la Construcción				
Velocidad promedio (km/h)					COV (\$/km)				
Año		A	B	C	Año		A	B	C
0	2025	18	16	15	0	2025	\$ 12.24	\$ 32.45	\$ 22.19
CGV Actual					CGV Durante la Construcción				
Año		A	B	C	Año		A	B	C
0	2025	\$171,388,864.50	\$6,727,561.14	\$51,520,505.31	0	2025	\$292,538,020.84	\$12,679,635.87	\$98,220,498.65
Total		\$229,636,930.95					\$403,438,155.36		
CGV Total Anual									
A		B	C	Total					
-\$121,149,156.34		-\$5,952,074.73	-\$46,699,993.34	-\$173,801,224.41					
Tramo 2: 0+910 al 3+000									
Situación Sin proyecto					Situación Sin Proyecto				
Velocidad promedio (km/h)					COV (\$/km)				
Año		A	B	C	Año		A	B	C
0	2025	28	26	24	0	2025	\$ 8.16	\$ 21.63	\$ 14.79
Durante la Construcción					Durante la Construcción				
Velocidad promedio (km/h)					COV (\$/km)				
Año		A	B	C	Año		A	B	C
0	2025	14	13	12	0	2025	\$ 12.24	\$ 32.45	\$ 22.19
CGV Actual					CGV Durante la Construcción				
Año		A	B	C	Año		A	B	C
0	2025	\$486,003,698.15	\$24,242,044.03	\$144,879,923.37	0	2025	\$843,330,242.22	\$46,143,669.00	\$278,385,305.21
Total		\$655,125,665.55					\$1,167,859,216.43		
CGV Total Anual									
A		B	C	Total					
-\$357,326,544.08		-\$21,901,624.97	-\$133,505,381.84	-\$512,733,550.89					

²⁴ Metodología para la Evaluación de Proyectos de Carreteras, Parte 2.



Subtramo (PSV): 2+400 al 3+000									
Situación Sin proyecto					Situación Sin Proyecto				
Velocidad promedio (km/h)					COV (\$/km)				
Año	A	B	C		Año	A	B	C	
0	2025	39	35	32	0	2025	\$ 8.16	\$ 21.63	\$ 14.79
Durante la Construcción					Durante la Construcción				
Velocidad promedio (km/h)					COV (\$/km)				
Año	A	B	C		Año	A	B	C	
0	2025	20	17	16	0	2025	\$ 12.24	\$ 32.45	\$ 22.19
CGV Actual					CGV Durante la Construcción				
Año	A	B	C		Año	A	B	C	
0	2025	\$53,026,287.40	\$5,540,361.40	\$33,872,797.70	0	2025	\$89,849,297.99	\$10,411,135.99	\$64,394,700.27
Total		\$92,439,446.50					\$164,655,134.25		
CGV Total Anual									
A	B	C	Total						
-\$36,823,010.59	-\$4,870,774.59	-\$30,521,902.58	-\$72,215,687.75						

Costos por molestias totales		
Tramo	Costos por molestia	
	Anuales	Mensuales
Tramo 1	\$ 173,801,224.41	\$ 14,483,435.37
Tramo 2	\$ 512,733,550.89	\$ 42,727,795.91
Subtramo (PSV)	\$ 72,215,687.75	\$ 6,017,973.98
Total	\$ 758,750,463.05	\$ 63,229,205.25

Costos por molestia de las alternativas		
Alternativa	Tiempo de ejecución (MESES)	Costos por molestia
A	4	\$ 252,916,821.02
B	6	\$ 379,375,231.52

Fuente: Elaboración propia

Etapas de operación.

Durante la etapa de operación, se consideran los costos de mantenimiento y conservación que corresponden a lo siguiente: (i) mantenimiento rutinario, que incluye básicamente la limpieza general y reparación de pequeños desperfectos de la superficie de rodamiento del tramo por año desde el inicio de operaciones; (ii) conservación periódica, reparación parcial de losas y sustitución de losas dañadas, señalamiento horizontal y vertical para los años 3, 6, 9, 12, 18, 21, 24, 27 y 30; con reposición parcial de losas cada 15 años, es decir para el año 15. Los periodos de ejecución de dichos mantenimientos se determinaron con base en la Guía De Procedimientos Y Técnicas Para La Conservación De Carreteras En México 2014.

A continuación, se describen los trabajos correspondientes a los mantenimientos del camino No. 3527 (México - Cuautla) - Santa Bárbara - Central, en el tramo del km 0+000 al km 3+000, en el municipio de Ixtapaluca- PROYECTO ZONA ORIENTE.

✓ **Conservación Rutinaria (Cada año)**

En este Subprograma se realizan las labores que tienen como fin conservar en buenas condiciones la superficie de rodadura, las zonas laterales, las obras de drenaje y subdrenaje, el cercado, los cortes, terraplenes y todos los elementos del camino dentro de la franja del derecho de vía.²⁵

²⁵ GUÍA DE PROCEDIMIENTOS Y TÉCNICAS PARA LA CONSERVACIÓN DE CARRETERAS EN MÉXICO 2014-SCT



- Limpieza de pavimento: Consiste en la eliminación de todo tipo de residuos acumulados, como polvo, tierra, arena, vegetación, manchas de aceite o combustibles, e incluso restos de materiales de reparaciones anteriores. Esta labor se realiza mediante barrido manual o mecánico, lavado con agua a presión o el uso de productos desengrasantes en zonas contaminadas con hidrocarburos.
- Señalamiento horizontal: Consiste en el conjunto de marcas y dispositivos que se pintan o colocan sobre el pavimento, guarniciones y estructuras, dentro o adyacentes al arroyo vial, con el propósito de delinear las características geométricas de las carreteras y vialidades urbanas.
- Sellado de grietas en losas: Sellado de discontinuidades en losas de concreto es una intervención preventiva destinada a mitigar la penetración de fluidos y partículas que generan deterioro acelerado.
- Marca en guarniciones Rayas que se pintan sobre las guarniciones adyacentes a las vialidades.

✓ **Conservación Periódica**

Se denomina conservación periódica a todas las obras de rehabilitación que en forma periódica o eventual son necesarias para que en un camino ofrezca las condiciones adecuadas de servicio.

Dentro de la conservación periódica se consideran 2 tipos siendo estas las siguientes:

✓ **Conservación Periódica (Reparación de desconchaduras pavimento) (Cada 3 años)**

- Limpieza de pavimento: Consiste en la eliminación de todo tipo de residuos acumulados, como polvo, tierra, arena, vegetación, manchas de aceite o combustibles, e incluso restos de materiales de reparaciones anteriores. Esta labor se realiza mediante barrido manual o mecánico, lavado con agua a presión o el uso de productos desengrasantes en zonas contaminadas con hidrocarburos.
- Sellado de juntas: Son las actividades que se realizan para sellar las grietas y juntas en carpetas de concreto hidráulico, con el propósito de evitar la entrada de cuerpos extraños entre las losas, así como de prevenir la infiltración del agua proveniente de escurrimientos superficiales, hacia las capas inferiores que integran la estructura del pavimento, evitando su consecuente pérdida de resistencia, así como la degradación o deterioro de dicha estructura o de la grieta o junta en sí, debido a la concentración de esfuerzos.
- Reparación de desconchamientos de pavimentos: Consiste en reparar desconchaduras mayores de 15 cm x 4 cm en planta, mediante la remoción parcial de la losa en la zona de la desconchadura, el rasante y, en su caso, el remplazo del sello de la junta, a fin de restablecer las características de comodidad y seguridad de la superficie de rodadura y evitar la degradación de la losa.
- Señalamiento horizontal: Consiste en el conjunto de marcas y dispositivos que se pintan o colocan sobre el pavimento, guarniciones y estructuras, dentro o adyacentes al arroyo vial, con el propósito de delinear las características geométricas de las carreteras y vialidades urbanas.

✓ **Conservación Periódica (Reposición parcial de losas de concreto) Cada 15 años:**



- Limpieza de pavimento: Consiste en la eliminación de todo tipo de residuos acumulados, como polvo, tierra, arena, vegetación, manchas de aceite o combustibles, e incluso restos de materiales de reparaciones anteriores. Esta labor se realiza mediante barrido manual o mecánico, lavado con agua a presión o el uso de productos desengrasantes en zonas contaminadas con hidrocarburos.
- Recorte losa de concreto hidráulico de 20 cm: Consiste en cortar secciones deterioradas o específicas del pavimento de concreto. Este procedimiento permite la reparación o sustitución de tramos dañados, mejorando la seguridad y durabilidad de la vía.
- Reposición de losas de concreto hidráulico de 20 cm de espesor: Se construyen mediante la colocación de una mezcla de agregados pétreos, cemento Portland y agua, para proporcionar al usuario una superficie de rodadura uniforme, bien drenada, resistente al derrapamiento, cómoda y segura. Se repondrán totalmente aquellas losas con dos o más fracturas transversales.
- Señalamiento horizontal: Consiste en el conjunto de marcas y dispositivos que se pintan o colocan sobre el pavimento, guarniciones y estructuras, dentro o adyacentes al arroyo vial, con el propósito de delinear las características geométricas de las carreteras y vialidades urbanas.

Estos trabajos son diferentes a una Rehabilitación ya que se considera como Rehabilitación a la modificación parcial o total de las diferentes capas que componen la estructura del pavimento.

Los periodos de ejecución de dichos mantenimientos se determinaron con base en la Guía De Procedimientos Y Técnicas Para La Conservación De Carreteras En México 2014 la cual nos dice “Para determinar las acciones de mantenimiento es necesario auscultar la red de carreteras para conocer sus condiciones actuales. Los resultados de la evaluación permiten conocer el estado físico de cada tramo y clasificarlos, determinando sus niveles de atención. Con base en esto, las áreas responsables pueden determinar las acciones de conservación de la red, previa la formulación de los estudios y proyectos ejecutivos correspondientes de cada tramo o subtramos, para asegurar condiciones óptimas de funcionamiento en cuanto a servicio y seguridad para los usuarios,”.²⁶

Con base en lo anterior y en datos obtenidos en campo de proyectos similares la subdirección de Estudios y Proyectos de la Junta de Caminos del Estado de México, ha determinado que los tiempos de ejecución serán los siguientes:

- Conservación rutinaria: Anualmente
- Conservación periódica:
 - ✓ Reparación de desconchaduras pavimento: Cada 3 años
 - ✓ Reposición parcial de losas de concreto: Cada 15 años

Para el presente proyecto no se consideran trabajos de rehabilitación en el análisis de estudio ya que el periodo de evaluación es de 30 años, y los trabajos de rehabilitación serán tomados en cuenta en el año 31.

En la siguiente tabla se muestra el costo que comprende cada mantenimiento mencionado para todo el camino a lo largo de 3.0 km.

²⁶ GUÍA DE PROCEDIMIENTOS Y TÉCNICAS PARA LA CONSERVACIÓN DE CARRETERAS EN MÉXICO 2014-SCT

Análisis Costo-Beneficio a nivel de perfil



Tabla 63 Mantenimiento de alternativa A

TRAMO 1+ TRAMO 2				
DATOS				
LONGITUD =		3000.00	M	
ANCHO =		18.92	M	
ÁREA =		56756.00	M ²	
LOSA DE CONCRETO HIDRÁULICO				
CONSERVACIÓN RUTINARIA (1 AÑO)				
CONCEPTOS	CANTIDAD	UNIDAD	PRECIO	IMPORTE
Limpieza de pavimento	56756.00	m2	\$3.08	\$174,808.48
Señalamiento horizontal	12000.00	m2	\$19.00	\$228,000.00
Sellado de grietas en losas	851.34	m3	\$5,800.00	\$4,937,772.00
marca en guarniciones	10840.49	m	\$55.99	\$606,959.01
TOTAL =			\$5,947,500.00	
CONSERVACIÓN PERIÓDICA (3 AÑOS)				
CONCEPTOS	CANTIDAD	UNIDAD	PRECIO	IMPORTE
Limpieza de pavimento	56756.00	m2	\$3.08	\$174,808.48
Sellado de juntas	11108.00	m	\$75.00	\$833,100.00
Reparación de desconchaduras pav	2270.24	m3	\$5,000.00	\$11,351,200.00
Señalamiento horizontal	12000.00	m	\$19.00	\$228,000.00
TOTAL =			\$12,587,100.00	
CONSERVACIÓN PERIÓDICA (15 AÑOS)				
CONCEPTOS	CANTIDAD	UNIDAD	PRECIO	IMPORTE
Limpieza de pavimento	56756.00	m2	\$3.08	\$174,808.48
Recorte de losa de concreto de 20 cm	3632.38	M3	\$600.00	\$2,179,430.40
Losa de concreto hidráulico de20 cm	3632.38	M3	\$5,000.00	\$18,161,920.00
Señalamiento horizontal	12000.00	m	\$19.00	\$228,000.00
TOTAL =			\$20,744,200.00	
CONSERVACIÓN RUTINARIA (1 AÑO)		\$5,947,500.00		
CONSERVACIÓN PERIÓDICA (3 AÑOS)		\$12,587,100.00		
CONSERVACIÓN PERIÓDICA (15 AÑOS)		\$20,744,200.00		

SUBTRAMO (PSV)				
DATOS				
LONGITUD =		600.00	M	
ANCHO =		21.00	M	
ÁREA =		12600.00	M ²	
CARPETA ASFÁLTICA				
CONSERVACIÓN RUTINARIA (1 AÑO)				
CONCEPTOS	CANTIDAD	UNIDAD	PRECIO	IMPORTE
Limpieza de pavimento	12600.00	m2	\$3.08	\$38,808.00
Bacheo aislado de 5 cm	189.00	m3	\$6,350.00	\$1,200,150.00
Señalamiento horizontal	6000.00	PZA	\$19.00	\$114,000.00
TOTAL =			\$1,353,000.00	

CON IVA \$ 1,569,480.00

Análisis Costo-Beneficio a nivel de perfil



CONSERVACIÓN PERIÓDICA (3 AÑOS)				
CONCEPTOS	CANTIDAD	UNIDAD	PRECIO	IMPORTE
Limpieza de pavimento	12600.00	m2	\$3.08	\$38,808.00
Bacheo aislado de 5 cm	283.50	m3	\$6,200.00	\$1,757,700.00
Renivelaciones de 3cm	7.56	m3	\$6,350.00	\$48,006.00
Señalamiento horizontal	12000.00	pza	\$19.00	\$228,000.00
TOTAL=				\$2,072,500.00

CONSERVACIÓN PERIÓDICA (10 AÑOS)				
CONCEPTOS		UNIDAD	PRECIO	IMPORTE
Limpieza de pavimento	12600.00	m2	\$3.08	\$38,808.00
Fresado de carpeta de 5 cm	567.00	M3	\$460.00	\$260,820.00
Sobre carpeta de 5 cm	567.00	M3	\$6,300.00	\$3,572,100.00
Señalamiento horizontal	24000.00	pza	\$19.00	\$456,000.00
TOTAL=				\$4,327,700.00

CONSERVACIÓN RUTINARIA (1 AÑO)	\$1,353,000.00
CONSERVACIÓN PERIÓDICA (3 AÑOS)	\$2,072,500.00
CONSERVACIÓN PERIÓDICA (10 AÑOS)	\$4,327,700.00

Fuente: Elaboración propia

A continuación, se presentan los costos de mantenimiento y conservación considerados para la situación con proyecto, de acuerdo a las frecuencias indicadas.

Tabla 64 Mantenimiento y conservación considerados para la situación con proyecto.

Mantenimiento Proyecto									
concreto hidráulico					Asfalto				
AÑO	Alternativa			TOTAL	AÑO	Alternativa			TOTAL
	RUTINARIA	PERIODICA	REHABILITACION			RUTINARIA	PERIODICA	REHABILITACION	
	Anual	3 Años	15 Años			Anual	3 Años	10 Años	
0					0				
1	\$5,947,500.00			\$5,947,500.00	1	\$1,353,000.00			\$1,353,000.00
2	\$5,947,500.00			\$5,947,500.00	2	\$1,353,000.00			\$1,353,000.00
3		\$12,587,100.00		\$12,587,100.00	3		\$2,072,500.00		\$2,072,500.00
4	\$5,947,500.00			\$5,947,500.00	4	\$1,353,000.00			\$1,353,000.00
5	\$5,947,500.00			\$5,947,500.00	5	\$1,353,000.00			\$1,353,000.00
6		\$12,587,100.00		\$12,587,100.00	6		\$2,072,500.00		\$2,072,500.00
7	\$5,947,500.00			\$5,947,500.00	7	\$1,353,000.00			\$1,353,000.00
8	\$5,947,500.00			\$5,947,500.00	8	\$1,353,000.00			\$1,353,000.00
9		\$12,587,100.00		\$12,587,100.00	9		\$2,072,500.00		\$2,072,500.00
10	\$5,947,500.00			\$5,947,500.00	10			\$4,327,700.00	\$4,327,700.00
11	\$5,947,500.00			\$5,947,500.00	11	\$1,353,000.00			\$1,353,000.00
12		\$12,587,100.00		\$12,587,100.00	12		\$2,072,500.00		\$2,072,500.00
13	\$5,947,500.00			\$5,947,500.00	13	\$1,353,000.00			\$1,353,000.00
14	\$5,947,500.00			\$5,947,500.00	14	\$1,353,000.00			\$1,353,000.00
15			\$20,744,200.00	\$20,744,200.00	15		\$2,072,500.00		\$2,072,500.00
16	\$5,947,500.00			\$5,947,500.00	16	\$1,353,000.00			\$1,353,000.00
17	\$5,947,500.00			\$5,947,500.00	17	\$1,353,000.00			\$1,353,000.00
18		\$12,587,100.00		\$12,587,100.00	18		\$2,072,500.00		\$2,072,500.00
19	\$5,947,500.00			\$5,947,500.00	19	\$1,353,000.00			\$1,353,000.00
20	\$5,947,500.00			\$5,947,500.00	20	\$1,353,000.00			\$1,353,000.00
21		\$12,587,100.00		\$12,587,100.00					\$12,587,100.00
22	\$5,947,500.00			\$5,947,500.00					\$5,947,500.00
23	\$5,947,500.00			\$5,947,500.00					\$5,947,500.00
24		\$12,587,100.00		\$12,587,100.00					\$12,587,100.00
25	\$5,947,500.00			\$5,947,500.00					\$5,947,500.00
26	\$5,947,500.00			\$5,947,500.00					\$5,947,500.00
27		\$12,587,100.00		\$12,587,100.00					\$12,587,100.00
28	\$5,947,500.00			\$5,947,500.00					\$5,947,500.00
29	\$5,947,500.00			\$5,947,500.00					\$5,947,500.00
30		\$12,587,100.00		\$12,587,100.00					\$12,587,100.00

Fuente: Elaboración propia



2. Identificación, Cuantificación y Valoración de los Beneficios del PPI

Los beneficios del proyecto se estimaron en función de dos fuentes: (i) ahorros en costo de operación vehicular y (ii) ahorro en tiempo de viaje de los usuarios.

Ahorro en costos totales de operación Etapa de operación

Los costos de operación vehicular se miden en términos monetarios. Para su cálculo se incluye el costo de combustibles y lubricantes, desgaste de llantas y elementos de frenado, deterioro del sistema de suspensión y de embrague, así como los costos de refacciones, mantenimiento y depreciación del vehículo. El COV es sensible a las características geométricas del camino, tales como pendientes, grados de curvatura, IRI y altitud sobre el nivel del mar.

Para obtención de los COV del presente proyecto se hará uso de los valores reportados por el Instituto Mexicano del Transporte (IMT) en su publicación Técnica No. 838 2024, así como las características técnicas de los vehículos que operan en México y de las características representativas de las carreteras en México para los diferentes tipos de terreno: plano, lomerío y montañoso. (*Costos de operación base de los vehículos representativos del transporte interurbano 2024*)

Los beneficios anuales por este concepto se obtienen con la resta de los costos de operación vehicular anuales totales de la situación sin proyecto menos los correspondientes a la situación con proyecto, año por año para los 30 años del horizonte del proyecto.

A continuación, se presenta el resumen de los tramos con los costos totales de operación vehicular para las situaciones sin y con proyecto, en el primer año óptimo de operación.

Tabla 65 Costos de Operación Vehicular.

Costos de Operación Vehicular: Camino No. 3527 (México - Cuautla) - Santa Bárbara - Central				
Año		Situación Sin Proyecto	Situación Con Proyecto	Beneficios
		COV	COV	COV
0	2025	-	-	-
1	2026	\$440,398,385.18	\$399,782,853.28	\$40,615,531.90
2	2027	\$447,472,944.84	\$406,204,965.04	\$41,267,979.80
3	2028	\$454,661,150.23	\$412,730,241.60	\$41,930,908.63
4	2029	\$461,964,826.94	\$419,360,340.20	\$42,604,486.75
5	2030	\$469,385,829.92	\$426,096,944.70	\$43,288,885.22
6	2031	\$476,926,043.90	\$432,941,766.02	\$43,984,277.87
7	2032	\$484,587,383.87	\$439,896,542.55	\$44,690,841.31
8	2033	\$492,371,795.60	\$446,963,040.61	\$45,408,754.99
9	2034	\$500,281,256.12	\$454,143,054.90	\$46,138,201.23
10	2035	\$508,317,774.22	\$461,438,408.93	\$46,879,365.29
11	2036	\$516,483,390.95	\$468,850,955.53	\$47,632,435.42
12	2037	\$524,780,180.14	\$476,382,577.28	\$48,397,602.86
13	2038	\$533,210,248.95	\$484,035,187.00	\$49,175,061.95



Costos de Operación Vehicular: Camino No. 3527 (México - Cuautla) - Santa Bárbara - Central				
14	2039	\$541,775,738.39	\$491,810,728.25	\$49,965,010.15
15	2040	\$550,478,823.85	\$499,711,175.79	\$50,767,648.07
16	2041	\$559,321,715.68	\$507,738,536.11	\$51,583,179.57
17	2042	\$568,306,659.72	\$515,894,847.96	\$52,411,811.76
18	2043	\$577,435,937.90	\$524,182,182.80	\$53,253,755.11
19	2044	\$586,711,868.81	\$532,602,645.38	\$54,109,223.43
20	2045	\$596,136,808.27	\$541,158,374.28	\$54,978,434.00
21	2046	\$549,637,581.07	\$498,960,082.39	\$50,677,498.68
22	2047	\$558,466,959.18	\$506,975,377.16	\$51,491,582.02
23	2048	\$567,438,172.41	\$515,119,429.62	\$52,318,742.79
24	2049	\$576,553,499.21	\$523,394,308.13	\$53,159,191.08
25	2050	\$585,815,254.62	\$531,802,114.30	\$54,013,140.32
26	2051	\$595,225,790.87	\$540,344,983.46	\$54,880,807.41
27	2052	\$604,787,497.98	\$549,025,085.28	\$55,762,412.70
28	2053	\$614,502,804.34	\$557,844,624.25	\$56,658,180.10
29	2054	\$624,374,177.39	\$566,805,840.29	\$57,568,337.10
30	2055	\$634,404,124.18	\$575,911,009.31	\$58,493,114.87

Fuente: Elaboración propia con base en evaluación.

Ahorro en tiempo de viaje etapa de ejecución

Para la estimación de los beneficios por este concepto se requiere como primer insumo fundamental las velocidades a las que transitan los vehículos usuarios de la red de análisis y con ellas determinar los tiempos de recorrido en las situaciones con y sin proyecto. En ambos casos, sin y con proyecto, las velocidades para años futuros se van reduciendo a partir de su valor inicial, de acuerdo con el ritmo de crecimiento del tránsito.

El segundo insumo importante es precisamente el valor económico del tiempo de los usuarios. Estos valores se tomaron del Cuadro 2 del Boletín Notas 195, Artículo 1, enero-febrero de 2024, del IMT. La configuración del valor del tiempo de los usuarios que se empleó se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 66 Configuración del valor del tiempo.

Características Valor Tiempo	
Salario Mínimo General Promedio (\$)	278.80
Valor tiempo por motivo de trabajo	103.16
% coeficiente tiempo motivo trabajo	70.00%
Valor del tiempo por motivo de placer	61.90
% coeficiente tiempo motivo placer	30.00%
Coeficiente de pasajeros por Auto	2.00
Coeficiente de pasajeros por Bus	23.00
Coeficiente de pasajeros por camión carga	1.00
Toneladas promedio (ton/veh)	15.00
Valor del tiempo de la carga (\$/h/ton)	129.52

Fuente: Instituto Mexicano del Transporte, IMT



En dicha publicación, para calcular el valor económico del tiempo de los usuarios, se hace intervenir al salario mínimo, el promedio del número de horas trabajadas por semana por la población ocupada y el ingreso de la población, así como el número de miembros de la familia con aportación al ingreso familiar.

Tabla 67 Costos Valor Tiempo.

Costos Valor Tiempo: Camino No. 3527 (México - Cuautla) - Santa Bárbara - Central				
Año		Situación Sin Proyecto	Situación Con Proyecto	Beneficios
		Tiempo	Tiempo	Tiempo
0	2025	-	-	-
1	2026	\$544,621,274.16	\$435,697,019.33	\$108,924,254.83
2	2027	\$553,405,488.26	\$442,724,390.61	\$110,681,097.65
3	2028	\$562,331,383.23	\$449,865,106.58	\$112,466,276.65
4	2029	\$571,401,244.25	\$457,120,995.40	\$114,280,248.85
5	2030	\$580,617,393.35	\$464,493,914.68	\$116,123,478.67
6	2031	\$589,982,190.02	\$471,985,752.01	\$117,996,438.00
7	2032	\$599,498,031.79	\$479,598,425.43	\$119,899,606.36
8	2033	\$609,167,354.89	\$487,333,883.91	\$121,833,470.98
9	2034	\$618,992,634.80	\$495,194,107.84	\$123,798,526.96
10	2035	\$628,976,386.98	\$503,181,109.58	\$125,795,277.40
11	2036	\$639,121,167.41	\$511,296,933.93	\$127,824,233.48
12	2037	\$649,429,573.34	\$519,543,658.67	\$129,885,914.67
13	2038	\$659,904,243.88	\$527,923,395.10	\$131,980,848.78
14	2039	\$670,547,860.71	\$536,438,288.57	\$134,109,572.14
15	2040	\$681,363,148.79	\$545,090,519.03	\$136,272,629.76
16	2041	\$692,352,877.00	\$553,882,301.60	\$138,470,575.40
17	2042	\$703,519,858.88	\$562,815,887.11	\$140,703,971.78
18	2043	\$714,866,953.38	\$571,893,562.70	\$142,973,390.68
19	2044	\$726,397,065.53	\$581,117,652.43	\$145,279,413.11
20	2045	\$738,113,147.23	\$590,490,517.79	\$147,622,629.45
21	2046	\$677,845,380.11	\$542,276,304.09	\$135,569,076.02
22	2047	\$688,778,370.11	\$551,022,696.09	\$137,755,674.02
23	2048	\$699,887,698.66	\$559,910,158.93	\$139,977,539.73
24	2049	\$711,176,209.93	\$568,940,967.94	\$142,235,241.99
25	2050	\$722,646,793.96	\$578,117,435.17	\$144,529,358.79
26	2051	\$734,302,387.41	\$587,441,909.93	\$146,860,477.48
27	2052	\$746,145,974.31	\$596,916,779.44	\$149,229,194.86
28	2053	\$758,180,586.79	\$606,544,469.44	\$151,636,117.36
29	2054	\$770,409,305.94	\$616,327,444.75	\$154,081,861.19
30	2055	\$782,835,262.48	\$626,268,209.99	\$156,567,052.50

Fuente: Elaboración propia con base en evaluación.

Los beneficios anuales por ahorro en tiempo de viaje se obtienen con la diferencia de los costos por tiempo de viaje para cada situación, sin y con proyecto. El costo por tiempo de viaje toma en cuenta el volumen de vehículos diario (TDPA) para autos, autobuses y camiones, el número de



pasajeros promedio por tipo de vehículo y el valor del tiempo de los usuarios, multiplicado por el total de días al año (365 días) para cada situación (con y sin proyecto). Se calculan los beneficios por ahorro en tiempo de viaje año por año para los 30 años del horizonte del proyecto. La siguiente tabla muestra los resultados y beneficios del proyecto.

Tabla 68 Costos Generalizados de Viaje con Proyecto

Costos Generalizados de Viaje: Camino No. 3527 (México - Cuautla) - Santa Bárbara - Central.			
Año	Situación Sin Proyecto		Beneficios
	CGV	CGV	CGV
0	2025	-	-
1	2026	\$985,019,659.34	\$835,479,872.61
2	2027	\$1,000,878,433.10	\$848,929,355.65
3	2028	\$1,016,992,533.46	\$862,595,348.18
4	2029	\$1,033,366,071.19	\$876,481,335.60
5	2030	\$1,050,003,223.28	\$890,590,859.38
6	2031	\$1,066,908,233.91	\$904,927,518.04
7	2032	\$1,084,085,415.66	\$919,494,967.99
8	2033	\$1,101,539,150.49	\$934,296,924.52
9	2034	\$1,119,273,890.93	\$949,337,162.74
10	2035	\$1,137,294,161.20	\$964,619,518.51
11	2036	\$1,155,604,558.36	\$980,147,889.46
12	2037	\$1,174,209,753.48	\$995,926,235.95
13	2038	\$1,193,114,492.83	\$1,011,958,582.10
14	2039	\$1,212,323,599.11	\$1,028,249,016.82
15	2040	\$1,231,841,972.64	\$1,044,801,694.82
16	2041	\$1,251,674,592.68	\$1,061,620,837.71
17	2042	\$1,271,826,518.60	\$1,078,710,735.06
18	2043	\$1,292,302,891.28	\$1,096,075,745.50
19	2044	\$1,313,108,934.34	\$1,113,720,297.81
20	2045	\$1,334,249,955.50	\$1,131,648,892.06
21	2046	\$1,227,482,961.18	\$1,041,236,386.48
22	2047	\$1,247,245,329.29	\$1,057,998,073.25
23	2048	\$1,267,325,871.07	\$1,075,029,588.55
24	2049	\$1,287,729,709.14	\$1,092,335,276.08
25	2050	\$1,308,462,048.58	\$1,109,919,549.47
26	2051	\$1,329,528,178.28	\$1,127,786,893.39
27	2052	\$1,350,933,472.28	\$1,145,941,864.72
28	2053	\$1,372,683,391.14	\$1,164,389,093.68
29	2054	\$1,394,783,483.33	\$1,183,133,285.04
30	2055	\$1,417,239,386.66	\$1,202,179,219.30

Fuente: Elaboración propia con base en evaluación.



3. Cálculo de Indicadores de Rentabilidad

Tabla 69 Indicadores de rentabilidad del proyecto

Indicadores de Rentabilidad	
Indicador	Valor
Valor Presente Neto (VPNs)	\$1,115,267,088.10
Tasa interna de retorno (TIRs)	37.53%
Tasa de Rentabilidad Inmediata (TRIs)	36.29%

Fuente: Elaboración propia con base en evaluación.

a. Análisis de riesgos

El proyecto corre el riesgo de obra inconclusa, es decir que por factores imputables al licitante ganador del proyecto no se llegue a realizar los diversos componentes de la vialidad. Esta situación a pesar que pudiese llegar a ser probable, definitivamente estaría en contra de los propios intereses de la empresa a la cual le sea asignado el proyecto, ya que se vería obligado a ejercer las fianzas de cumplimiento y en un extremo incluso en acciones legales en su contra.

El proyecto registra un riesgo vinculado con una deficiente calidad, ya sea por incumplimiento del contratista o bien por insuficiencia de recursos financieros por parte del contratista, bajo este escenario, los beneficios proyectados en el horizonte del proyecto no alcanzarían a generarse. Un riesgo mayor puede consistir en un incremento de los costos relativos con las construcciones de las obras en general, ya que resulta difícil prever las condiciones, principalmente ante un cambio de escenario en la tendencia de estabilidad económica. Sin embargo, la propia Junta de Caminos del Estado de México ha llevado a cabo tanto un programa de mantenimiento como de construcción de infraestructuras de vialidades similares a la propuesta en el presente proyecto, por lo cual se supone que contratante cuenta con la experiencia suficiente y capacidad técnica para llevar a cabo proyectos de esta naturaleza.

Tabla 70 análisis de riesgos

Descripción		Impacto			
RIESGOS	TIPIFICACIÓN DEL RIESGO	ASIGNACION DEL RIESGO (EN PORCENTAJE)		ESTIMACIÓN DEL RIESGO	
	DESCRIPCIÓN	Dependencia	Contratista	Probabilidad de Ocurrencia	Efecto en el Contrato
Regulatorio	Riesgo ocasionado por cambios en la normatividad técnica durante la ejecución del proyecto.	100%		M	B
Diseño	Mayor plazo y/o costos por cambios en los diseños realizados por el contratista		100%	B	M
	Mayor plazo y/o costos por cambios en los diseños entregados por la Junta de Caminos.	100%		B	M
Construcción	Riesgo ocasionado por falta de calidad en las obras realizadas por el Contratista		100%	B	M
	Riesgo ocasionado por ejecución de mayores cantidades de obra no autorizadas, por procedimientos constructivos inadecuados imputables al CONTRATISTA, o por deficiente programación (o cronología) de		100%	B	M

Análisis Costo-Beneficio a nivel de perfil



Descripción		Impacto			
RIESGOS	TIPIFICACIÓN DEL RIESGO	ASIGNACION DEL RIESGO (EN PORCENTAJE)		ESTIMACIÓN DEL RIESGO	
	DESCRIPCIÓN	Dependencia	Contratista	Probabilidad de Ocurrencia	Efecto en el Contrato
	ejecución de las obras.				
	Riesgo presentado en el contrato por precios por debajo del presupuesto oficial (es decir, cuando estos precios se encuentran por debajo del presupuesto oficial y/o de cada uno de los (insumos, costos, precios, tarifas, alquiler de equipos, salarios, transportes, de los APU)) en la propuesta del CONTRATISTA. El presupuesto oficial se calcula de conformidad con los precios de mercado existentes en el sitio del proyecto al momento de publicación del Pliego Definitivo y/o Adendas (en caso de presentarse).		100%	M	M
	Riesgo presentado por escasez de cualquier tipo de material y/o insumos para la ejecución de la obra; o por salida del mercado de insumos o materias primas para la ejecución de las obras objeto del contrato. Al CONTRATISTA le corresponde teniendo en cuenta que debe prever en su propuesta planes de contingencia para mitigar estas eventualidades, teniendo también un Plan de Calidad acorde con el proyecto y de conformidad con la visita técnica que le corresponde realizar al sitio donde se pretenden ejecutar las obras. Riesgo que asume el CONTRATISTA.		100%	B	M
	Riesgo presentado por la fluctuación de precios en los materiales.		100%	M	B
	Riesgo de mayor permanencia y stand by de maquinaria y disponibilidad de personal, por el no inicio de las obras y/o parálisis de la mismas por demoras ocasionadas por la no entrega oportuna, de las revisiones y/o actualizaciones, de cálculos y/o diseños y/o estudios definitivos, del proyecto, que lleve a cabo y/o ejecute el CONTRATISTA, de acuerdo con lo estipulado en el ANEXO TECNICO, en caso de que dichos cálculos y/o diseños y/o estudios estén a cargo del CONTRATISTA.		100%	B	A
	Riesgo presentado por la modificación y/o cambios de ubicación en las fuentes de materiales presentadas y/o propuestas por el CONTRATISTA. Hace referencia al riesgo técnico, ambiental y/o social, en cuanto a calidad y cantidad del material, explotación y su distancia de acarreo. Le corresponde al		100%	B	B

Análisis Costo-Beneficio a nivel de perfil



Descripción		Impacto			
RIESGOS	TIPIFICACIÓN DEL RIESGO	ASIGNACION DEL RIESGO (EN PORCENTAJE)		ESTIMACIÓN DEL RIESGO	
	DESCRIPCIÓN	Dependencia	Contratista	Probabilidad de Ocurrencia	Efecto en el Contrato
	interesado o proponente verificar en la visita a la obra las fuentes de materiales a emplear, para la presentación de una propuesta acorde con las obras a ejecutar.				
Financiero	Riesgo generado por Las fluctuaciones de las tasas de interés, tasa de cambio, variaciones cambiarias y financieras por causas micro o macroeconómicas.		100%	B	B
	Riesgo por insolvencia del Contratista		100%	B	A
Aseguramiento	Riesgo correspondiente a la diferencia entre el valor del siniestro asegurado y el valor del amparo de las pólizas establecidas en el CONTRATO, en el evento en que las causas de los daños objeto del siniestro, sean imputables al CONTRATISTA.		100%	B	A
	Riesgo de mayores costos y disponibilidad de las pólizas de Garantía Única de Cumplimiento, Responsabilidad Civil Extracontractual y Estabilidad y Calidad de Obra		100%	B	M
Ambiental	Mayores plazos y costos por la gestión para la obtención de licencias y/o permisos.		100%	B	M
	Mayores costos por modificaciones ambientales imputables al contratista		100%	B	M
Fuerza Mayor Asegurable	Riesgo presentado por accidentalidad y/o muerte de personal del CONTRATISTA (Adjudicatario) desde la adjudicación y/o durante la ejecución del contrato, por causas externas al proyecto o por ausencia o falta o deficiencia del SISTEMA DE SEGURIDAD INDUSTRIAL de la obra.		100%	B	A
	Impacto adverso que generen los desastres naturales sobre la ejecución y/o operación del proyecto. Estos incluyen terremotos, inundaciones, incendios y sequías, entre otros. El contratista tiene la obligación de asegurar únicamente la longitud intervenida correspondiente a la reparación de puntos críticos.		100%	B	A
Fuerza Mayor NO Asegurable	Se refieren de manera exclusiva al daño emergente derivado de los actos de terrorismo, guerras o eventos que alteren el orden público, hallazgos arqueológicos, de minas o yacimientos, entre otros.	100%		B	A
Político Social	Mayores costos y plazos por las actividades de gestión Social		100%	B	B



Descripción		Impacto			
RIESGOS	TIPIFICACIÓN DEL RIESGO	ASIGNACIÓN DEL RIESGO (EN PORCENTAJE)		ESTIMACIÓN DEL RIESGO	
	DESCRIPCIÓN	Dependencia	Contratista	Probabilidad de Ocurrencia	Efecto en el Contrato
Terminación Anticipada	Efectos desfavorables por la Terminación anticipada imputable al Contratista		100%	B	M
	Efectos desfavorables por la Terminación anticipada no imputable al contratista	100%		M	B

Nota: B = Baja, M = Media y A = Alta

Tabla 71 Medidas de mitigación de riesgos del proyecto

RIESGOS	Medida de Mitigación
Regulatorio	Adaptación del Proyecto al marco regulatorio técnico a través de los canales institucionales.
Diseño	Detalle de especificaciones técnicas en el anexo de la licitación.
Construcción	Adecuada Evaluación Técnica del Proyecto en fase de licitación. Cumplimiento al Programa de ejecución de obra.
Financiero	Adecuada Evaluación Económica del proyecto en fase de licitación. Planeación Presupuestal para la autorización de los recursos de las diferentes fuentes de financiamiento; y términos y condiciones contractuales.
Aseguramiento	Términos y Condiciones Contractual.
Ambiental	Autorización Ambiental.
Fuerza Mayor Asegurable	Seguro.
Fuerza Mayor NO Asegurable	Fuerza Mayor.
Político Social	Acciones de Atención Ciudadana.
Terminación Anticipada	Fianza de Cumplimiento.

Fuente: Elaboración propia

4. Conclusiones y Recomendaciones

La “Rehabilitación del camino No. 3527 (México - Cuautla) - Santa Bárbara - Central, en el tramo del km. 0+000 al km. 3+000, en el municipio de Ixtapaluca- PROYECTO ZONA ORIENTE” **es factible** desde el punto de vista de seguridad vial debido a que se hará un camino más cómodo para los conductores, eliminando baches y zonas irregulares a lo largo de 3.0 km en total, distribuidos en dos cuerpos, una por cada sentido, operando 3 carriles de circulación cada uno, contará con obras de drenaje en buenas condiciones lo que permitirá tener un buen drenaje de aguas y por lo tanto se evitarán los encharcamientos sobre la capa de rodamiento, banquetas y guarniciones brindando a los peatones mayor seguridad al circular por el camino, de igual manera se colocara señalamiento horizontal y vertical ayudando a direccionar y delimitar las condiciones geometrías del camino, además se implementaran trabajos de alumbrado público, lo que ayudará a dar mayor seguridad a la zona. Desde el punto de vista económico representa significativos ahorros en tiempos de recorrido y costos de operación de los sistemas de transporte motorizado privado y público, así como también el autotransporte, lo que comparativamente con la inversión requerida, acredita la rentabilidad del proyecto.

El proyecto forma parte de un proyecto integral de incremento de eficiencia operativa como parte de las obras a realizar para la óptima incorporación de los usuarios hacia el municipio de Municipio



de Ixtapaluca y sus colindancias, con el objetivo de mejorar sustancialmente el nivel de servicio vial ofrecido a los usuarios locales y de largo itinerario al proporcionar una mejor y más eficiente comunicación en la zona, potencializar el desarrollo económico de la zona y al disminuir el costo de los transportes a elevar el nivel de vida de la población, eleva los índices de seguridad y mejorar los niveles de movilidad motorizada.

Los beneficios del proyecto –definidos en reducción de costos generalizados de viaje- son mayores que los costos sociales –definidos por el costo de inversión, molestias durante el periodo de construcción y mantenimiento-, por lo cual la sociedad en su conjunto tendría un beneficio mayor mediante la implementación del proyecto. Adicionalmente, las problemáticas descritas en la situación actual pueden encontrar una solución mediante la implantación de la infraestructura vial que considera el proyecto, este escenario no resulta alcanzable mediante la implementación única de las propuestas optimizadas.

Con la realización de la Rehabilitación del camino No. 3527 (México - Cuautla) - Santa Bárbara - Central, en el tramo del km 0+000 al km 3+000, en el municipio de Ixtapaluca- PROYECTO ZONA ORIENTE se verá beneficiada también en los siguientes aspectos:

- Disminuir costos generalizados de viaje
- Incrementar el índice de servicio y calidad con el que se transportan personas y mercancías.
- Reducir los tiempos de recorrido en la zona para el intercambio de personas y mercancías.
- Aumentar la calidad de vida de los habitantes de la región.
- Aumentar la competitividad de las comunidades de la región.
- Contribuir a la economía de los habitantes al reducir los costos de mantenimiento vehicular
- Disminuir los gases de efecto invernadero producto de las constantes paradas y derrames de aceites y combustibles derivados de las malas condiciones del camino (baches).
- Contribuir a cumplir el objetivo 13: acción por el clima de la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible

El proyecto registra una serie de indicadores positivos como una Tasa Interna de Retorno (TIR) equivalente al 37.53% una Tasa de Rentabilidad Inmediata (TRI) de 36.29% lo cual registra un indicador Superior a la tasa mínima aceptable para proyectos sociales del 10%. El Valor Presente Neto (VPN) Social del proyecto asciende a 1.11 mdp. La Tasa de Rentabilidad Inmediata (TIR) de 37.53% lo cual indica que el proyecto es compatible con el momento óptimo para iniciar la inversión.

Analizando los resultados con respecto a los indicadores económicos obtenidos para la evaluación socioeconómica base de la obra en proyecto, indican que el proyecto es viable desde el punto de vista económico, ya que en base a los beneficios cuantificables se presentó:

- La diferencia Beneficio menos Costo; o Valor Presente Neto es una unidad positiva (**VPN > 0**), que equivale a las ganancias que se obtendrán con el proyecto.
- La Tasa Interna de Retorno es superior al costo de oportunidad de capital, (**TIR > 10%**), esta tasa muestra el rendimiento de la inversión.
- La Tasa de Rentabilidad Inmediata (final del primer año de operación de la situación “con Proyecto”) muestra un valor igual o superior a la tasa de actualización o de descuento (**TRI >= 10%**)



Además

- La obra brindará beneficios a toda la población, del municipio de Ixtapaluca , así como a municipios aledaños
- La mejora de la seguridad vial del camino, garantiza un traslado ágil y oportuno, así como un eficaz transporte de mercancías en la zona.
- Al concretarse la construcción del proyecto se resuelve el problema de largos tiempos de traslado que se presentan actualmente en la zona.

El momento socialmente óptimo para la inversión es de inmediato, a fin reducir los COV.

5. Anexos

Tabla 72 Anexos

Número del Anexo	Concepto del Anexo	Descripción
ANEXO 1	Indicadores de Rentabilidad y Eficiencia	Detalla el procedimiento para el cálculo de indicadores de rentabilidad: VPN, TIR, TRI
ANEXO 2	Memoria_de _Calculo_Cam 3527	Se hacen todos los cálculos pertinentes para el cálculo de los costos y beneficios que implican el proyecto (Hoja de Excel)
ANEXO 3	FACTIBILIDAD TÉCNICA_CAM 3527	Determina si se dispone de los conocimientos, habilidades, equipos o herramientas necesarios para llevar a cabo los procedimientos, funciones o métodos involucrados en un proyecto. Incluye procedimiento constructivo, catálogo de conceptos.
ANEXO 4	FACTIBILIDAD LEGAL_CAM 3527	Se refiere a la evaluación de si el proyecto puede llevarse a cabo de manera legal, sin infringir leyes o normas existentes. En otras palabras, es una verificación de si el proyecto cumple con los requisitos legales y jurídicos necesarios para su implementación.
ANEXO 5	FACTIBILIDAD AMBIENTAL_CAM 3527	Es un proceso que analiza los posibles impactos ambientales de un proyecto o actividad, determinando si es viable desde un punto de vista ecológico y legal.
ANEXO 6	FACTIBILIDAD MERCADO_CAM 3527	Estudio que evalúa si un producto o servicio puede tener éxito en el mercado, considerando factores como la demanda, la oferta, la competencia, y la rentabilidad.

6. Bibliografía

- Reglas de Operación del Gasto de Inversión para el Desarrollo del Estado de México, 12 de marzo de 2025
- Capacidad y niveles de servicio en la red federal de carreteras, SICT 2023.
- Costos de operación base de los vehículos representativos del transporte interurbano 2024
- División Territorial del Estado de México por Región, publicado en Gaceta de Gobierno del Estado de México el 27 de mayo del 2024
- Estimación del valor del tiempo de los ocupantes de los vehículos que circulan por la red carretera de México, 2025



- GUÍA DE PROCEDIMIENTOS Y TÉCNICAS PARA LA CONSERVACIÓN DE CARRETERAS EN MÉXICO 2014-SCT
- LINEAMIENTOS para la elaboración y presentación de los análisis costo y beneficio de los programas y proyectos de inversión, emitidos el 30 de diciembre de 2013 por la Unidad de Inversiones de la SHCP.
- Manual para la Evaluación de Proyectos de Carreteras Secretaria de Hacienda y Crédito Público.
- Mapa Digital de INEGI V6 1
- Métodos de asignación de tránsito en redes regionales de carreteras: dos alternativas de solución, IMT, Publicación Técnica No. 214
- Notas núm. 207 enero-FEBRERO 2024, Artículo 1. Estimación del valor del tiempo de los ocupantes de los vehículos que circulan por la red carretera de México, 2024.
- Plan de Desarrollo del Estado de México 2023-2029
- Plan de Desarrollo Municipal de Ixtapaluca 2022-2024
- Plan Nacional de Desarrollo 2025-2030

Datos del Administrador del programa y/o proyecto de inversión:		
Nombre	Cargo	Firma
Mtro. Luis Adrián Chávez Toledo	Encargado del Despacho de la Dirección de Infraestructura	

Versión
V4.0

Fecha
10-09-2025



ANEXO 1. INDICADORES DE RENTABILIDAD Y EFICIENCIA

1. Indicadores de rentabilidad

a) Valor Presente Neto social (VPNs)

El VPNs es la suma de los flujos netos anuales, descontados por la tasa social. Para el cálculo del VPNs, tanto los costos sociales como los beneficios sociales futuros del PPI son descontados, utilizando la tasa social para su comparación en un punto en el tiempo o en el "presente". Si el resultado del VPNs es positivo, significa que los beneficios derivados del PPI son mayores a sus costos. Alternativamente, si el resultado del VPNs es negativo, significa que los costos sociales del programa o proyecto de inversión son mayores a sus beneficios sociales.

La fórmula del VPNs es

$$VPN_s = \sum_{t=0}^n \frac{B_t - C_t}{(1 + r_s)^t}$$

Donde:

Bt: son los beneficios totales en el año t

Ct: son los costos totales en el año t Bt-Ct: flujo neto en el año t

n: número de años del horizonte de evaluación r: es la tasa social de descuento

t: año calendario, en donde el año 0 será el inicio de las erogaciones

b) Tasa Interna de Retorno social (TIRs)

La TIRs se define como la tasa de descuento que hace que el VPNs de un PPI sea igual a cero. Esto es económicamente equivalente a encontrar el punto de equilibrio de un PPI, es decir, el valor presente de los beneficios sociales netos del PPI es igual a cero y se debe comparar contra una tasa de retorno deseada.

La TIRs se calcula de acuerdo con la siguiente fórmula:

$$VPN_s = \sum_{t=0}^n \frac{B_t - C_t}{(1 + TIR_s)^t} = 0$$

Donde:

Bt: son los beneficios sociales totales en el año t

Ct: son los costos sociales totales en el año t

Bt-Ct: flujo neto en el año t

n: número de años del horizonte de evaluación

TIRs: Tasa Interna de Retorno social

t: año calendario, en donde el año 0 será el inicio de las erogaciones



Es importante resaltar que no se debe utilizar la TIRs por sí sola para comparar alternativas de un PPI, ya que puede existir un problema de tasas internas de rendimiento múltiple. Las tasas internas de rendimiento múltiple ocurren cuando existe la posibilidad de que más de una tasa de descuento haga que el VPNs sea igual a cero.

c) Tasa de Rendimiento Inmediata social (TRIs)

La TRIs es un indicador de rentabilidad que permite determinar el momento óptimo para la entrada en operación de un PPI con beneficios crecientes en el tiempo. A pesar de que el VPNs sea positivo para el PPI, en algunos casos puede ser preferible postergar su ejecución.

La TRIs se calcula de acuerdo con la siguiente fórmula:

$$TRI_s = \frac{B_{t+1} - C_{t+1}}{I_t}$$

Donde:

B_{t+1}: es el beneficio social total en el año t+1

C_{t+1}: es el costo social total en el año t+1

I_t: monto total de inversión valuado al año t (inversión acumulada hasta el periodo t
t: año anterior al primer año de operación t+1: primer año de operación

El momento óptimo para la entrada en operación de un proyecto, cuyos beneficios son crecientes en el tiempo, es el primer año en que la TRIs es igual o mayor que la tasa social de descuento.

En relación a lo establecido para la obtención de los indicadores de rentabilidad se tienen los siguientes resultados, los cuales se ven reflejados en la memoria de cálculo (Anexo 2. Memoria_de _Calculo_Cam 3527).



Tabla 73 Indicadores de rentabilidad del PPI

Indicadores de Rentabilidad										
TD	10%	Inversión S/IVA	Mantenimiento	Molestias por Construcción	Total costos	COV	Tiempo	Total Beneficios	Flujos Nominales	VPN
	Año									
0	2025	\$138,989,503.32	-	\$252,916,821.02	\$391,906,324.33				-\$391,906,324.33	-\$391,906,324.33
1	2026		\$7,300,500.00		\$ 7,300,500.00	\$40,615,531.90	\$108,924,254.83	\$149,539,786.73	\$ 142,239,286.73	\$129,308,442.48
2	2027		\$7,300,500.00		\$ 7,300,500.00	\$41,267,979.80	\$110,681,097.65	\$151,949,077.45	\$ 144,648,577.45	\$119,544,278.89
3	2028		\$14,659,600.00		\$ 14,659,600.00	\$41,930,908.63	\$112,466,276.65	\$154,397,185.28	\$ 139,737,585.28	\$104,986,916.06
4	2029		\$7,300,500.00		\$ 7,300,500.00	\$42,604,486.75	\$114,280,248.85	\$156,884,735.60	\$ 149,584,235.60	\$102,168,045.62
5	2030		\$7,300,500.00		\$ 7,300,500.00	\$43,288,885.22	\$116,123,478.67	\$159,412,363.89	\$ 152,111,863.89	\$94,449,499.78
6	2031		\$14,659,600.00		\$ 14,659,600.00	\$43,984,277.87	\$117,996,438.00	\$161,980,715.88	\$ 147,321,115.88	\$83,158,929.26
7	2032		\$7,300,500.00		\$ 7,300,500.00	\$44,690,841.31	\$119,899,606.36	\$164,590,447.67	\$ 157,289,947.67	\$80,714,613.56
8	2033		\$7,300,500.00		\$ 7,300,500.00	\$45,408,754.99	\$121,833,470.98	\$167,242,225.96	\$ 159,941,725.96	\$74,613,995.57
9	2034		\$14,659,600.00		\$ 14,659,600.00	\$46,138,201.23	\$123,798,526.96	\$169,936,728.19	\$ 155,277,128.19	\$65,852,660.25
10	2035		\$10,275,200.00		\$ 10,275,200.00	\$46,879,365.29	\$125,795,277.40	\$172,674,642.69	\$ 162,399,442.69	\$62,612,015.34
11	2036		\$7,300,500.00		\$ 7,300,500.00	\$47,632,435.42	\$127,824,233.48	\$175,456,668.90	\$ 168,156,168.90	\$58,937,711.36
12	2037		\$14,659,600.00		\$ 14,659,600.00	\$48,397,602.86	\$129,885,914.67	\$178,283,517.53	\$ 163,623,917.53	\$52,135,622.64
13	2038		\$7,300,500.00		\$ 7,300,500.00	\$49,175,061.95	\$131,980,848.78	\$181,155,910.73	\$ 173,855,410.73	\$50,359,719.71
14	2039		\$7,300,500.00		\$ 7,300,500.00	\$49,965,010.15	\$134,109,572.14	\$184,074,582.29	\$ 176,774,082.29	\$46,550,140.82
15	2040		\$22,816,700.00		\$ 22,816,700.00	\$50,767,648.07	\$136,272,629.76	\$187,040,277.83	\$ 164,223,577.83	\$39,313,818.85
16	2041		\$7,300,500.00		\$ 7,300,500.00	\$51,583,179.57	\$138,470,575.40	\$190,053,754.97	\$ 182,753,254.97	\$39,772,432.94
17	2042		\$7,300,500.00		\$ 7,300,500.00	\$52,411,811.76	\$140,703,971.78	\$193,115,783.54	\$ 185,815,283.54	\$36,762,563.25
18	2043		\$14,659,600.00		\$ 14,659,600.00	\$53,253,755.11	\$142,973,390.68	\$196,227,145.78	\$ 181,567,545.78	\$32,656,519.07
19	2044		\$7,300,500.00		\$ 7,300,500.00	\$54,109,223.43	\$145,279,413.11	\$199,388,636.54	\$ 192,088,136.54	\$31,407,945.27
20	2045		\$7,300,500.00		\$ 7,300,500.00	\$54,978,434.00	\$147,622,629.45	\$202,601,063.44	\$ 195,300,563.44	\$29,030,184.31
21	2046		\$12,587,100.00		\$ 12,587,100.00	\$50,677,498.68	\$135,569,076.02	\$186,246,574.70	\$ 173,659,474.70	\$23,466,703.96
22	2047		\$5,947,500.00		\$ 5,947,500.00	\$51,491,582.02	\$137,755,674.02	\$189,247,256.04	\$ 183,299,756.04	\$22,517,636.99
23	2048		\$5,947,500.00		\$ 5,947,500.00	\$52,318,742.79	\$139,977,539.73	\$192,296,282.52	\$ 186,348,782.52	\$20,811,088.74
24	2049		\$12,587,100.00		\$ 12,587,100.00	\$53,159,191.08	\$142,235,241.99	\$195,394,433.06	\$ 182,807,333.06	\$18,559,623.81
25	2050		\$5,947,500.00		\$ 5,947,500.00	\$54,013,140.32	\$144,529,358.79	\$198,542,499.11	\$ 192,594,999.11	\$17,775,747.69
26	2051		\$5,947,500.00		\$ 5,947,500.00	\$54,880,807.41	\$146,860,477.48	\$201,741,284.89	\$ 195,793,784.89	\$16,428,166.19
27	2052		\$12,587,100.00		\$ 12,587,100.00	\$55,762,412.70	\$149,229,194.86	\$204,991,607.56	\$ 192,404,507.56	\$14,676,170.31



Indicadores de Rentabilidad										
TD 10%		Inversión S/IVA	Mantenimiento	Molestias por Construcción	Total costos	COV	Tiempo	Total Beneficios	Flujos Nominales	VPN
Año										
28	2053		\$5,947,500.00		\$ 5,947,500.00	\$56,658,180.10	\$151,636,117.36	\$208,294,297.45	\$ 202,346,797.45	\$14,031,404.69
29	2054		\$5,947,500.00		\$ 5,947,500.00	\$57,568,337.10	\$154,081,861.19	\$211,650,198.29	\$ 205,702,698.29	\$12,967,376.45
30	2055		\$12,587,100.00		\$ 12,587,100.00	\$58,493,114.87	\$156,567,052.50	\$215,060,167.36	\$ 202,473,067.36	\$11,603,438.57

Valor Presente Neto VPN	\$1,115,267,088.10
----------------------------	--------------------

Tasa Interna de Retorno TIR	37.53%
--------------------------------	--------

Tasa de Rendimiento Inmediata TRI	36.29%
--------------------------------------	--------

Fuente: Memoria de Cálculo del Análisis Costo – Beneficio del PPI



2. Indicador de eficiencia

a) Costo Anual Equivalente social (CAEs)

El CAEs es utilizado frecuentemente para evaluar alternativas del PPI que brindan los mismos beneficios sociales; pero que poseen distintos costos directos e indirectos y/o distinta vida útil. El CAEs es la anualidad del valor presente de los costos sociales relevantes menos el valor presente del valor de rescate de un PPI, considerando el horizonte de evaluación de cada una de las alternativas.

El CAEs puede ser calculado de la siguiente manera:

$$CAE_s = VPC_s \left[\frac{r(1+r)^m}{(1+r)^m - 1} \right]$$

Donde:

VPCs: Valor presente del costo social total del PPI (debe incluir la deducción del valor de rescate del programa o proyecto).

r: indica la tasa social de descuento

m: indica el número de años de vida útil del activo

El VPCs debe calcularse mediante la siguiente fórmula:

$$VPC_s = \sum_{t=0}^n \frac{C_t}{(1+r)^t}$$

Donde:

Ct: costos sociales totales en el año t

r: es la tasa social de descuento

t: año calendario, en donde el año 0 será el inicio de las erogaciones

n: número de años del horizonte de evaluación

La alternativa más conveniente será aquella con el menor CAEs. Si la vida útil de los activos bajo las alternativas analizadas es la misma, la comparación entre éstas se realizará únicamente a través del valor presente de los costos sociales de las alternativas.

El presente proyecto compara alternativas con diferente vida útil, ya que la Alternativa A (alternativa selecciona) cuenta con una vida útil de 20 años al ser rehabilitada con carpeta asfáltica y la Alternativa B (Alternativa rechazada) contempla una vida útil de 30 años al ser una rehabilitación con losas de concreto hidráulico. Por esta razón la comparación de las Alternativas se realiza a través del cálculo de CAE. A continuación, se presentan los resultados obtenidos del cálculo de la comparación de estas alternativas.

Análisis Costo-Beneficio a nivel de perfil



Tabla 74 CAE Alternativa A

Alternativa A						
Inversión C/IVA \$161,227,823.85		Inversión S/IVA \$138,989,503.32		Tasa de descuento 10.00%	Vida útil (Años) 30	
Año	Inversión	Mantenimiento	Molestias	Total	VPC	CAE
0	138,989,503.32	0.00	252,916,821.02	391,906,324.33	391,906,324.33	41,573,128.27
1		7,300,500.00		7,300,500.00	6,636,818.18	704,028.68
2		7,300,500.00		7,300,500.00	6,033,471.07	640,026.08
3		14,659,600.00		14,659,600.00	11,013,974.46	1,168,354.13
4		7,300,500.00		7,300,500.00	4,986,339.73	528,947.17
5		7,300,500.00		7,300,500.00	4,533,036.12	480,861.06
6		14,659,600.00		14,659,600.00	8,274,962.03	877,801.75
7		7,300,500.00		7,300,500.00	3,746,310.84	397,405.84
8		7,300,500.00		7,300,500.00	3,405,737.13	361,278.03
9		14,659,600.00		14,659,600.00	6,217,101.45	659,505.45
10		10,275,200.00		10,275,200.00	3,961,534.41	420,236.59
11		7,300,500.00		7,300,500.00	2,558,780.71	271,433.53
12		14,659,600.00		14,659,600.00	4,671,000.34	495,496.20
13		7,300,500.00		7,300,500.00	2,114,694.80	224,325.24
14		7,300,500.00		7,300,500.00	1,922,449.82	203,932.03
15		22,816,700.00		22,816,700.00	5,462,136.57	579,419.34
16		7,300,500.00		7,300,500.00	1,588,801.51	168,538.87
17		7,300,500.00		7,300,500.00	1,444,365.01	153,217.15
18		14,659,600.00		14,659,600.00	2,636,657.92	279,694.69
19		7,300,500.00		7,300,500.00	1,193,690.09	126,625.75
20		7,300,500.00		7,300,500.00	1,085,172.81	115,114.32
21		12,587,100.00		12,587,100.00	1,700,902.01	180,430.41
22		5,947,500.00		5,947,500.00	730,626.43	77,504.30
23		5,947,500.00		5,947,500.00	664,205.84	70,458.46
24		12,587,100.00		12,587,100.00	1,277,912.85	135,560.03
25		5,947,500.00		5,947,500.00	548,930.45	58,230.13
26		5,947,500.00		5,947,500.00	499,027.68	52,936.48
27		12,587,100.00		12,587,100.00	960,114.84	101,848.26
28		5,947,500.00		5,947,500.00	412,419.57	43,749.16
29		5,947,500.00		5,947,500.00	374,926.88	39,771.96
30		12,587,100.00		12,587,100.00	721,348.49	76,520.11
Total		\$201,296,400.00	\$252,916,821.02	\$593,202,724.33	\$475,393,359.31	\$50,429,370.18

Fuente: memoria de cálculo



Tabla 75. CAE Alternativa B

Alternativa B						
Inversión C/IVA \$173,153,267.44		Inversión S/IVA \$149,270,058.14		Tasa de descuento 10.00%	Vida útil (Años) 30	
Año	Inversión	Mantenimiento	Molestias	Total	VPC	CAE
0	149,270,058.14	0.00	379,375,231.52	528,645,289.66	528,645,289.66	56,078,294.92
1		7,082,500.00		7,082,500.00	6,438,636.36	683,005.71
2		7,082,500.00		7,082,500.00	5,853,305.79	620,914.28
3		15,147,200.00		15,147,200.00	11,380,315.55	1,207,215.32
4		7,082,500.00		7,082,500.00	4,837,442.80	513,152.30
5		7,082,500.00		7,082,500.00	4,397,675.27	466,502.09
6		15,147,200.00		15,147,200.00	8,550,199.51	906,998.74
7		7,082,500.00		7,082,500.00	3,634,442.37	385,538.91
8		7,082,500.00		7,082,500.00	3,304,038.52	350,489.92
9		15,147,200.00		15,147,200.00	6,423,891.45	681,441.58
10		7,082,500.00		7,082,500.00	2,730,610.35	289,661.09
11		7,082,500.00		7,082,500.00	2,482,373.04	263,328.27
12		15,147,200.00		15,147,200.00	4,826,364.72	511,977.14
13		7,082,500.00		7,082,500.00	2,051,547.97	217,626.67
14		7,082,500.00		7,082,500.00	1,865,043.61	197,842.42
15		25,298,800.00		25,298,800.00	6,056,331.58	642,451.10
16		7,082,500.00		7,082,500.00	1,541,358.35	163,506.14
17		7,082,500.00		7,082,500.00	1,401,234.87	148,641.94
18		15,147,200.00		15,147,200.00	2,724,357.06	288,997.75
19		7,082,500.00		7,082,500.00	1,158,045.35	122,844.58
20		7,082,500.00		7,082,500.00	1,052,768.50	111,676.89
21		15,147,200.00		15,147,200.00	2,046,849.78	217,128.29
22		7,082,500.00		7,082,500.00	870,056.61	92,294.95
23		7,082,500.00		7,082,500.00	790,960.55	83,904.50
24		15,147,200.00		15,147,200.00	1,537,828.54	163,131.70
25		7,082,500.00		7,082,500.00	653,686.41	69,342.56
26		7,082,500.00		7,082,500.00	594,260.37	63,038.69
27		15,147,200.00		15,147,200.00	1,155,393.34	122,563.26
28		7,082,500.00		7,082,500.00	491,124.27	52,098.09
29		7,082,500.00		7,082,500.00	446,476.61	47,361.90
30		15,147,200.00		15,147,200.00	868,064.12	92,083.59
Total		\$303,273,600.00	\$379,375,231.52	\$831,918,889.66	\$620,809,973.28	\$65,855,055.27

Fuente: memoria de cálculo