



Secretaría de Comunicaciones y Obras Públicas

# Análisis Costo – Beneficio

Rehabilitación de la carretera  
Cuauhtémoc – Álvaro Obregón

**GRUPO CADUMA CONSULTORES**

**ENERO DE 2024**



## ÍNDICE

<b>I.- RESUMEN EJECUTIVO .....</b>	<b>6</b>
Localización .....	6
Objetivo del PPI .....	7
Problemática identificada .....	8
Breve descripción del PPI .....	9
Horizonte de Evaluación.....	11
Descripción de los principales costos del PPI.....	11
Descripción de los principales beneficios del PPI .....	12
Monto total de inversión (con IVA) .....	13
Riesgos asociados al PPI.....	13
Valor Presente Neto (VPN) .....	14
Tasa Interna de Retorno (TIR) .....	14
Tasa de Rentabilidad Inmediata (TRI) .....	14
Conclusión .....	14
<b>II. SITUACIÓN ACTUAL DEL PPI.....</b>	<b>16</b>
Antecedentes.....	16
a). Diagnóstico de la Situación Actual .....	19
b). Análisis de la Oferta Existente. ....	30
c). Análisis de la Demanda Actual.....	33
d). Interacción de la Oferta - Demanda. ....	39
<b>III.- SITUACIÓN SIN EL PPI .....</b>	<b>43</b>
a). Optimizaciones .....	43
b). Análisis de la oferta .....	44
c). Análisis de la demanda .....	45
d). Interacción de la Oferta – Demanda .....	55
<b>IV. SITUACIÓN CON EL PPI .....</b>	<b>58</b>
a). Descripción general.....	58
b). Alineación estratégica. ....	60
c). Localización geográfica. ....	61
d). Calendario de actividades.....	63
e). Monto total de inversión. ....	63
f). Fuentes de financiamiento. ....	64
g). Capacidad instalada.....	64



h). Metas anuales y totales de producción.....	68
i). Vida útil.....	68
j). Descripción de los aspectos más relevantes.....	69
k). Análisis de la oferta.....	70
l). Análisis de la demanda.....	73
m). Interacción Oferta-Demanda.....	73
<b>IV. EVALUACIÓN DEL PPI.....</b>	<b>74</b>
a). Identificación, Cuantificación y Valoración de los Costos del Proyecto.....	74
b). Identificación, cuantificación y valoración de los costos y beneficios del PPI.....	75
c). Cálculo de los indicadores de rentabilidad.....	79
d). Análisis de sensibilidad.....	79
e). Análisis de riesgos.....	82
<b>VI.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....</b>	<b>84</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Desglose del costo aproximado de inversión del PPI.....	12
<b>Tabla 2.-</b> Tabla de riesgos asociados a PPI.....	14
<b>Tabla 3.-</b> Densidad carretera a nivel Estatal.....	17
<b>Tabla 4.-</b> Intervalos del IRI para la clasificación de los tramos.....	23
<b>Tabla 5.-</b> Clasificación de fallas en el pavimento.....	25
<b>Tabla 6.-</b> Inventario de señalamiento Horizontal.....	29
<b>Tabla 7.-</b> Características físicas y geométricas de la carretera Cuauhtémoc – Álvaro Obregón....	33
<b>Tabla 8.-</b> Clasificación vehicular.....	35
<b>Tabla 9.-</b> Composición vehicular Carretera Cuauhtémoc-Álvaro Obregón sentido Norte-Sur.....	36
<b>Tabla 10.-</b> Composición vehicular Carretera Cuauhtémoc-Álvaro Obregón sentido Sur-Norte.....	36
<b>Tabla 11.-</b> Crecimiento promedio del flujo vehicular por tipo de vehículo (porcentaje) sentido Sur-Norte.....	36
<b>Tabla 12.-</b> Crecimiento promedio del flujo vehicular por tipo de vehículo (porcentaje) sentido Norte-Sur.....	37
<b>Tabla 13.-</b> Porcentaje de composición vehicular de la carretera.....	38
<b>Tabla 14.-</b> Volumen de día de máxima demanda.....	48
<b>Tabla 15.-</b> TDPA Actual de acuerdo a los aforos seccionales.....	48
<b>Tabla 16.-</b> Registro de aforos de la Carretera Chihuahua – Álvaro Obregón Sentido Sur -Norte ..	50
<b>Tabla 17.-</b> Registro de aforos de la Carretera Chihuahua – Álvaro Obregón Sentido Norte - Sur	51
<b>Tabla 18.-</b> TDPA Histórico de la Carretera Cuauhtémoc – Buenaventura.....	55
<b>Tabla 19.-</b> Costo de operación por tipo de vehículo.....	56
<b>Tabla 20.-</b> Costos de Operación Vehicular (COV) sin proyecto.....	56
<b>Tabla 21.-</b> Costos por tiempo de traslado.....	57
<b>Tabla 22.-</b> Tipo de PPI.....	58



<b>Tabla 23.-</b> Principales características del PPI. ....	59
<b>Tabla 24.-</b> Alineación estratégica del PPI.....	61
<b>Tabla 25.-</b> Calendario de actividades .....	63
<b>Tabla 26.-</b> Principales costos de trabajo. ....	63
<b>Tabla 27.-</b> Fuentes de financiamiento del PPI.....	64
<b>Tabla 28.-</b> Factores para calcular la capacidad de la vialidad .....	65
<b>Tabla 29.-</b> Capacidad de la Vialidad.....	65
<b>Tabla 30.-</b> Capacidad instalada del tramo con el PPI.....	65
<b>Tabla 31.-</b> Metas anuales del PPI. ....	68
<b>Tabla 32.-</b> Metas anuales del PPI. ....	68
<b>Tabla 33.-</b> Características principales carretera Cuauhtémoc - Álvaro Obregón. ....	72
<b>Tabla 34.-</b> Velocidad promedio de circulación (km/hr) de la carretera situada entre Cd. Cuauhtémoc - Álvaro Obregón, Situación Con Proyecto. ....	73
<b>Tabla 36.-</b> Inversión, plazo y etapa en que se realizará cada una de ellas.....	76
<b>Tabla 37.-</b> Costos por tiempo de recorrido .....	77
<b>Tabla 38.-</b> Costos de operación sin proyecto por año. ....	78
<b>Tabla 39.-</b> Costos de operación con proyecto por año. ....	78
<b>Tabla 40.-</b> Total de beneficios anuales, Carretera - Cuauhtémoc - Álvaro Obregón.....	78
<b>Tabla 41.-</b> Corrida financiera para obtener indicadores de rentabilidad.....	79
<b>Tabla 42.-</b> Indicadores de rentabilidad del PPI.....	79
<b>Tabla 43.-</b> Análisis de Sensibilidad al monto de inversión. ....	81
<b>Tabla 44.-</b> Análisis de Sensibilidad a la demanda (TDPA). ....	81
<b>Tabla 45.-</b> Análisis de riesgos asociados al PPI.....	83

## ÍNDICE DE IMÁGENES

Imagen 1.- Localización del Estado de Chihuahua y Municipio de Cuauhtémoc .....	6
Imagen 2.- Localización del PPI .....	7
Imagen 3.- Área de estudio .....	7
<b>Imagen 4.-</b> Área de estudio.....	9
<b>Imagen 5.-</b> Situación actual Carr. Cuauhtémoc – Álvaro Obregón. ....	19
<b>Imagen 6.-</b> Localización del Municipio de Cuauhtémoc en el Estado. ....	20
<b>Imagen 7.-</b> Vista actual de la Carr. Cuauhtémoc – Álvaro Obregón. ....	20
<b>Imagen 8</b> Sección tipo de la carretera Cuauhtémoc-Buenaventura en el punto de instalación de equipos aforadores (km. 25).....	21
<b>Imagen 9.-</b> Sección tipo de la carretera Cuauhtémoc-Buenaventura fuera de las zonas urbanas. 21	
<b>Imagen 10.-</b> Escala de valores del IRI y las características de los pavimentos. ....	23
<b>Imagen 11.-</b> Estado actual de la carretera .....	26
<b>Imagen 12</b> Oferta actual existente de Red de transporte de Cd. Cuauhtémoc a Colonia Álvaro Obregón. ....	30
<b>Imagen 13</b> Municipios de la carretera Chihuahua – Buenaventura. ....	31
<b>Imagen 14</b> Municipio del tramo a intervenir.....	32
<b>Imagen 15.-</b> Poblaciones origen y destino. ....	32
<b>Imagen 16.-</b> Condiciones actuales de pavimento.....	38



<b>Imagen 17.-</b> Condiciones actuales de pavimento.....	39
<b>Imagen 18.-</b> Vista aérea de un tramo de la Carr. Cuauhtémoc – Álvaro Obregón.....	44
<b>Imagen 19.-</b> Metodología de estudio de demanda. ....	45
<b>Imagen 20</b> Localización de aforador automático.....	46
<b>Imagen 21</b> Colocación e instalación de equipos de aforo automáticos en la zona. ....	48
<b>Imagen 22</b> Grafica de volumen vehicular durante 24 hrs. ....	49
<b>Imagen 23</b> Mapa de calor del volumen vehicular por hora. ....	49
<b>Imagen 24.-</b> Carr. Cuauhtémoc – Álvaro Obregón (Salida del seccional Álvaro Obregón).....	57
<b>Imagen 25</b> Ubicación regional.....	61
<b>Imagen 26</b> Ubicación Municipal .....	62
<b>Imagen 27.-</b> Localización geográfica del tramo en estudio.....	62
<b>Imagen 28.-</b> Sección vial Carretera Cuauhtémoc - Álvaro Obregón (vista aérea) .....	71
<b>Imagen 29.-</b> Tramos de la carretera que requieren conservación menor actualmente. ....	74
<b>Imagen 30.-</b> Zonas agrietadas en la Carretera (Piel de cocodrilo) a falta de riego de sello. ....	75

## ÍNDICE DE GRÁFICAS

<b>Gráfica 1.-</b> Composición de la Red Nacional de Caminos.....	16
<b>Gráfica 2.-</b> Composición de la Red Carreteras en el Estado de Chihuahua. ....	18
<b>Gráfica 3.-</b> TDPA carretera Cuauhtémoc-Álvaro Obregón sentido Norte-Sur.....	34
<b>Gráfica 4.-</b> TDPA Carretera Cuauhtémoc-Álvaro Obregón sentido Sur-Norte. ....	35
<b>Gráfica 5.-</b> Tasa de crecimiento vehicular anual. Sentido Sur-Norte.....	37
<b>Gráfica 6.-</b> Tasa de crecimiento vehicular anual. Sentido Norte-Sur.....	37
<b>Gráfica 7.-</b> De dónde se originan los viajes de quienes utilizan la Carr. Cuauhtémoc - Álvaro Obregón. ....	40
<b>Gráfica 8.-</b> Hacia dónde se dirigen los viajes de quienes utilizan la Carr. Cuauhtémoc - Álvaro Obregón .....	41
<b>Gráfica 9.-</b> No. de ocupantes promedio por vehículo que circulan sobre la vía en estudio.....	41
<b>Gráfica 10.-</b> Frecuencia media de utilización de la Carr. Cuauhtémoc - Álvaro Obregón.....	42
<b>Gráfica 11.-</b> Comportamiento horario del volumen de máxima demanda un día entre semana. ...	54

# ANÁLISIS COSTO BENEFICIO

## REHABILITACIÓN DE LA CARRETERA

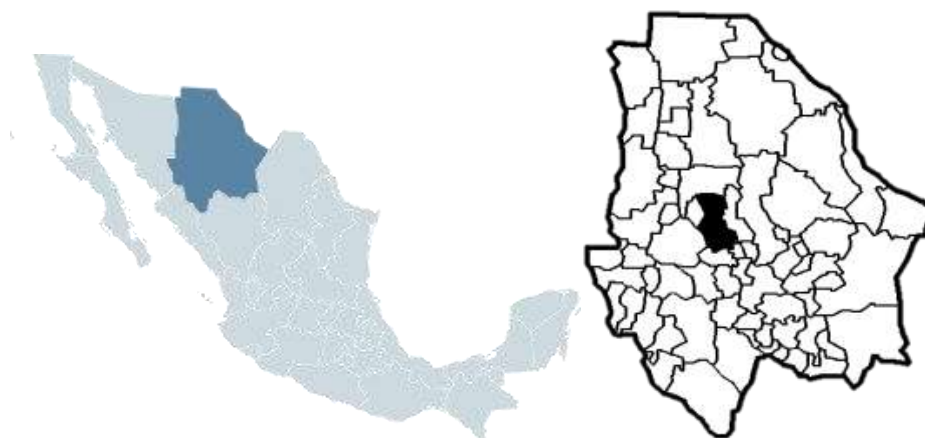
### CUAUHTÉMOC - ÁLVARO OBREGÓN

#### I.- RESUMEN EJECUTIVO

##### Problemática, objetivo y descripción del PPI

A nivel territorial (macro localización), el área de estudio considerada está constituida por el municipio de Cuauhtémoc, en el Estado de Chihuahua, el cual se encuentra en la zona norte de la República Mexicana. La superficie del municipio de Cuauhtémoc es de **3,613.48** km<sup>2</sup>.

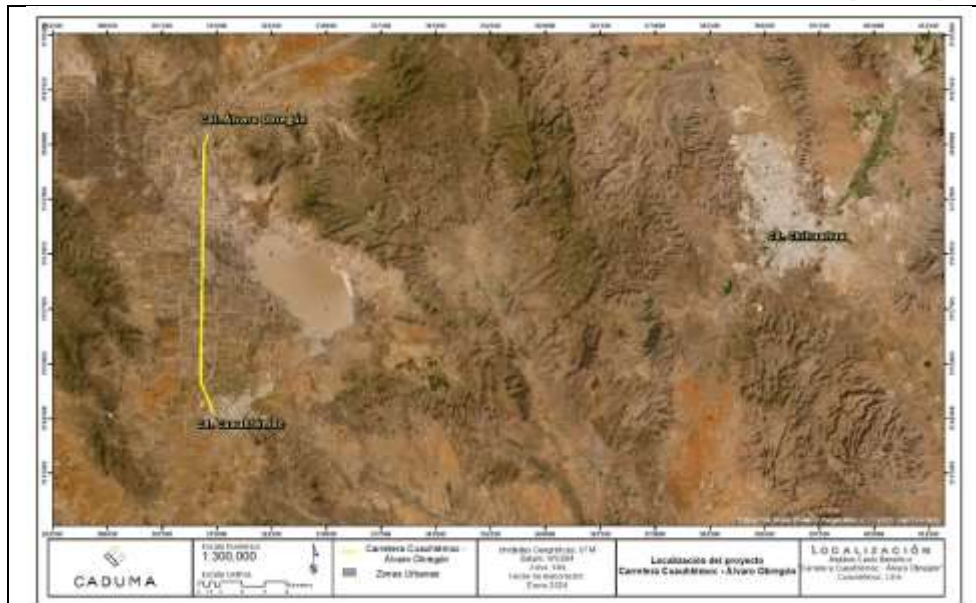
#### Localización



**Imagen 1.-** Localización del Estado de Chihuahua y Municipio de Cuauhtémoc  
Fuente: Elaboración propia

El municipio de Cuauhtémoc se encuentra situado en la región centro-oeste del estado, en la zona de transición entre la meseta y la sierra. Limita con los municipios de Cusiuhiriachi, Riva Palacio, Gran Morelos, Bachíniva, Guerrero y Namiquipa. Representa aproximadamente un 1.46% total del estado.

A continuación se muestra la localización del proyecto con coordenadas de georeferenciación.



**Imagen 2.-** Localización del PPI

Fuente: Elaboración propia



**Imagen 3.-** Área de estudio

Fuente: Elaboración propia

**Objetivo del PPI**

Contribuir a mantener en buenas condiciones de transitabilidad vehicular la carretera Cuauhtémoc – Álvaro Obregón, mediante una rehabilitación a lo largo de su longitud para ofrecer al usuario una Infraestructura vial, en condiciones adecuadas que mejore los tiempos de recorrido y disminuya los costos de operación, así como mejorar el

**Problemática  
identificada**

señalamiento tanto horizontal como vertical en algunos puntos.

Preservar el patrimonio carretero estatal libre de peaje, reduciendo el costo de operación de los usuarios e incrementar la seguridad y comodidad de los mismos.

La Infraestructura existente es de orden estatal a cargo de la Secretaría de Comunicaciones y Obras Públicas del Gobierno del Estado de Chihuahua, y tiene una longitud de 40 kilómetros, partiendo de la cabecera municipal Cd. Cuauhtémoc hasta el seccional Álvaro Obregón, misma que en la actualidad no se encuentra en condiciones ideales.

El estado físico de la superficie de rodamiento presenta deformaciones, baches profundos y agrietamientos y/o fisuras tipo piel de cocodrilo, por lo tanto, requiere una serie de trabajos a fin de mejorar su estado físico para ofrecer un mejor nivel de servicio y disminuir los costos de operación vehicular a los usuarios, disminuir tiempos de recorrido y mejorar la seguridad de los usuarios de las vialidades.

El deterioro y fallas que se presentan en la infraestructura de la Red Estatal Libre de Peaje, se traducen en elevados costos de operación, pérdidas de tiempo y pueden originar accidentes con pérdidas económicas, problemas sociales, molestias y quejas entre los usuarios.

En la actualidad existe una grave problemática de movilidad dentro del municipio de Cuauhtémoc, Chihuahua, de manera más específica en la zona noroeste, a lo largo de la carretera Cuauhtémoc – Álvaro Obregón, conocida localmente como Corredor Comercial.

A su vez, este tramo en estudio presenta un índice de accidentabilidad elevado, toda vez que se tiene registro de 2 accidentes con muertes, 15 accidentes con lesionados y un acumulado de 54 accidentes con daños únicamente materiales, dando una suma de 71 accidentes en total a lo largo del último año, de acuerdo a información obtenida del INEGI.





**Imagen 4.-** Área de estudio  
**Fuente:** Elaboración propia.

### **Breve descripción del PPI**

El Proyecto consiste en la Rehabilitación de la carretera Cuauhtémoc – Álvaro Obregón, en Cuauhtémoc, Chih., con pavimento de concreto asfáltico, comprendiendo ambas calzadas de circulación en tramos parciales, sustituyendo el pavimento muy deteriorado, por una nueva estructura de pavimento.

De manera sintetizada los trabajos a realizar comprenden las partidas de terracerías, obras de drenaje, guarniciones y banquetas, pavimentación, así como señalamiento vertical y horizontal.

Las terracerías comprenden principalmente en hacer el corte necesario para alojar las capas de sub base, base y carpeta, retirando el material producto del corte.

El pavimento consiste en una capa de concreto asfáltico con cemento asfáltico PG 70-22, sellando dichas juntas con productos elastoméricos.

El señalamiento vertical será en lámina de acero galvanizada con películas reflejantes alta intensidad y el señalamiento horizontal con pintura base agua de alto desempeño con reflejante a base de microesferas de vidrio.



Para la ejecución de los trabajos se colocará el señalamiento de protección de obra de acuerdo al Manual de Señalización Vial y Dispositivos de Seguridad, efectuando las desviaciones necesarias.

Los trabajos se efectuarán conforme a lo indicado en la Normativa para la Infraestructura del Transporte de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes, en particular a lo indicado en:

- Normas técnicas mexicanas, NOM,
- Normativa para la Infraestructura del transporte de la Secretaría de Comunicaciones y transportes, libros:
- Proyecto Geométrico de Carreteras,
- Normas de Construcción de Carreteras.
- Normas de Conservación de carreteras.
- Normas de Control y Aseguramiento de la Calidad.
- Normas de Características de los Materiales.
- Métodos de Muestreo y Pruebas de materiales, y Legislación.
- Manuales de la S.C.T.
- Manual de proyecto Geométrico de Carreteras 2018.
- Manual de Señalización Vial y Dispositivos de Seguridad



## Horizonte de evaluación, costos y beneficios del PPI

### Horizonte de Evaluación

El horizonte de evaluación del proyecto es de 16 años, debido a que el primer año es para su construcción.

### Descripción de los principales costos del PPI

- **Costos de inversión:** se refiere a todos los costos atribuibles al proyecto por concepto de la ejecución del mismo (insumos, materiales, etc.). La cuantificación queda determinada por las unidades de medida de cada uno de los componentes del proyecto, los cuales fueron señaladas en la descripción del proyecto, mientras que la valoración se realiza con los precios de cada uno de los materiales utilizados para la construcción del proyecto sin IVA, como una estimación del precio social, los cuales fueron obtenidos del catálogo de obra.

**\$302, 852, 540.86**

(Trescientos dos millones ochocientos cincuenta y dos mil quinientos cuarenta con ochenta y seis centavos)

- **Costos de mantenimiento:** se refiere a la utilización de recursos humanos y materiales incrementales para mantener la infraestructura a construir y brindar los servicios a niveles adecuados.
- **Costos por molestias:** se refieren a los costos ocasionados a la sociedad durante la ejecución de las obras contempladas en el proyecto. En el caso de este estudio, se refiere específicamente a los costos ocasionados en los usuarios de las vialidades donde se realizarán las obras de rehabilitación de la carretera, los cuales se verán afectados por una disminución de las velocidades de circulación que genera un aumento en los Costos de Operación Vehicular (COV) y del tiempo de traslado a sus destinos.

De acuerdo con los datos del proyecto y las estimaciones de la SCOP, el costo total de inversión es de \$302'852,540.86 (incluyendo IVA). El desglose de este monto es el siguiente:



<b>N-CTR-CAR-1-04 PAVIMENTOS</b>	
Cemento asfáltico tipo AC-30 utilizado en base estabilizada.	\$ 66,835,838.00
Materiales que requieren trituración parcial por la malla de 38 mm	\$ 14,263,680.00
Operación de mezclado en planta, acarreo, tendido y compactación en la construcción de base estabilizada	\$ 45,202,843.00
Emulsión asfáltica	\$ 5,803,360.00
<b>3.01.03 PAVIMENTACIÓN</b>	
Bacheo superficial aislado en pavimentos asfálticos	\$ 1,126,304.00
Renivelaciones locales en pavimentos asfálticos	\$ 1,038,385.80
Carpeta asfáltica de granulometría densa tendida en caliente	\$ 64,937,501.20
Materiales para carpeta asfáltica con tamaños máximos de 3/4" para renivelaciones	\$ 9,385,053.60
Construcción de carpeta asfáltica de granulometría densa en caliente	\$ 37,816,488.40
<b>CAR-03 TRABAJOS DE CONSERVACIÓN PERIÓDICA</b>	
Fresado de la superficie de rodadura en pavimentos asfálticos, por unidad de obra terminada	\$ 11,465,592.60
<b>N-CTR-CAR-1-07 SEÑALAMIENTO Y DISPOSITIVOS DE SEGURIDAD</b>	
Marcas y/o letras en pavimento	\$ 144,560.00
Raya de 15 cm de ancho.	\$ 2,593,276.00
Con reflejante en dos caras.	\$ 466,894.00
<i>Subtotal</i>	\$ 261,079,776.60
<i>IVA</i>	\$ 41,772,764.26
<b>TOTAL</b>	<b>\$ 302,852,540.86</b>

**Tabla 1.** Desglose del costo aproximado de inversión del PPI

**Descripción de los principales beneficios del PPI**

- **Reducción de daños a los vehículos:** con la implementación del proyecto se reducirá el riesgo de accidentes, asimismo, se reducen las afectaciones ocasionadas por las malas condiciones de la estructura a los vehículos que circulan por la zona.
- **Reducción de tiempos de viaje:** se refiere a la reducción de los tiempos de traslado de un punto inicial al destino a través de la vía en estudio, derivado a la mejora en las condiciones de la misma.
- **Reducción de daños a la actividad económica:** se refiere a la reducción de los daños ocasionados en los comercios e industria como consecuencia de las condiciones de transitabilidad.

Con la presente obra de la Rehabilitación de la Carretera Cuauhtémoc – Álvaro Obregón, se logrará dar seguridad al



tránsito de más de 10,000 vehículos por sentido que diariamente circulan por esta vía, tramo en el que por lo numeroso de los baches, con carpeta asfáltica muy agrietada, tipo piel de cocodrilo, tiene un alto índice de accidentes y baja velocidad de operación, con su rehabilitación además de mejorar la seguridad y comodidad, se reducirán los costos de operación del transporte de mercancía y personas, además de incrementar notablemente la velocidad de operación disminuyen los costos de mantenimiento de los vehículos, lográndose beneficios por muchos años.

**Monto total de inversión (con IVA)**

\$ 302'852,540.86 Trescientos dos millones ochocientos cincuenta y dos mil quinientos cuarenta pesos 86/100 M.N.

**Riesgos asociados al PPI**

Descripción	Impacto	Probabilidad	Medidas de mitigación
Incremento en el monto de inversión	Un incremento en el monto de inversión provoca que el proyecto deje de ser rentable	Bajo	Establecer un proceso formal de seguimiento con el fin de identificar a tiempo variaciones en costos y definir medidas correctivas
Problemas sociales en la zona.	Posibilidad de retraso en las obras	Bajo	Asignar claramente la responsabilidad de relaciones públicas y relación con la comunidad a una persona con experiencia.
Obtención de los recursos en tiempo	Incrementar su costo y los tiempos	Medio	Seguimiento puntual con las



	de ejecución.		dependencias involucradas.
Riesgo en los procesos de licitación	Incrementar su costo y los tiempos de ejecución.	Bajo	Implementar mecanismos de control y transparencia.
Efectos hidrometeorológicos atípicos durante la construcción del proyecto.	Incrementar su costo y los tiempos de ejecución.	Bajo	El calendario de ejecución contempla los periodos de lluvias.

**Tabla 2.-** Tabla de riesgos asociados a PPI

**Fuente:** Elaboración propia

**Indicadores de rentabilidad del PPI**

**Valor Presente Neto (VPN)**

\$908,560,725.33

**Tasa Interna de Retorno (TIR)**

77.90%

**Tasa de Rentabilidad Inmediata (TRI)**

12.25%

**Conclusión**

**Conclusión**

Los resultados de la evaluación económica indican que el proyecto es económicamente rentable, pues permitirá ofrecer beneficios significativos debido a los ahorros en costos de tiempo de viaje, costos generalizados de viaje y ahorro en mantenimiento, los cuales son superiores a los costos de inversión y medidas menores



alternas necesarias a lo largo de la vida útil del proyecto.

En síntesis, con la Rehabilitación de la Carretera Cuauhtémoc – Álvaro Obregón, la operación del tránsito se verá beneficiada en los siguientes aspectos:

- Aumentar las velocidades de operación
- Reducir los tiempos de recorrido.
- Reducir los costos de operación de los diferentes tipos de vehículos.
- Mejoramiento del nivel de servicio.
- Disminución en los niveles de contaminación auditiva y en la degradación del medio ambiente.
- Operación más segura para los usuarios al eliminarse/disminuirse la posibilidad de accidentes por invasión del carril contrario y maniobras de rebase.
- Contribuir al desarrollo ordenado del estado de Chihuahua.

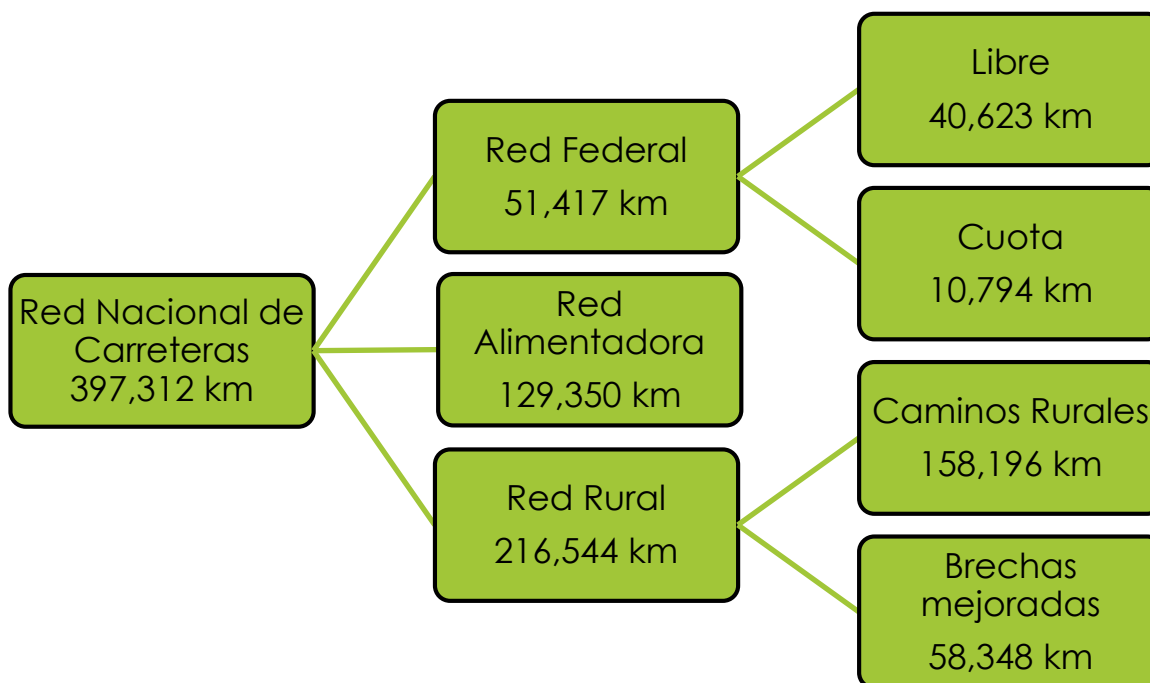
Con todo lo anterior se mejorará también la actividad económica de ambas comunidades y el tránsito de mercancías y personas a otros puntos del Estado.

## II. SITUACIÓN ACTUAL DEL PPI

### Antecedentes

El desarrollo de una sociedad implica que se incremente la necesidad de movilidad, por lo que la demanda de transporte aumenta. Esta necesidad de transporte se atiende en un mayor porcentaje por infraestructura carretera. En el ámbito carretero circula el 56.27% (552.318 millones de toneladas) del transporte de carga y el 95.45% (3,749.0 millones de pasajeros al año) de los pasajeros que transitan por las diversas regiones del país según el Anuario estadístico Sector Comunicaciones y Transporte, de ahí la importancia de que México cuente con una Red Nacional de Carreteras que atienda las necesidades de transporte actuales y futuras.

Durante los últimos años la Red Nacional de Carretera se ha desarrollado de manera gradual permitiendo la comunicación directa con casi todas las regiones y comunidades del país; actualmente se estima que existen 397,312 kilómetros de carreteras, de los cuales 12.94% corresponde a la Red Federal, 32.56% a la Red Alimentadora, y 54.50% a la Red Rural, conforme a lo siguiente:



Gráfica 1.- Composición de la Red Nacional de Caminos

De los 32 estados considerados en el Anuario Estadístico del Sector Comunicaciones y Transportes, 16 de estos se encuentran por debajo del promedio





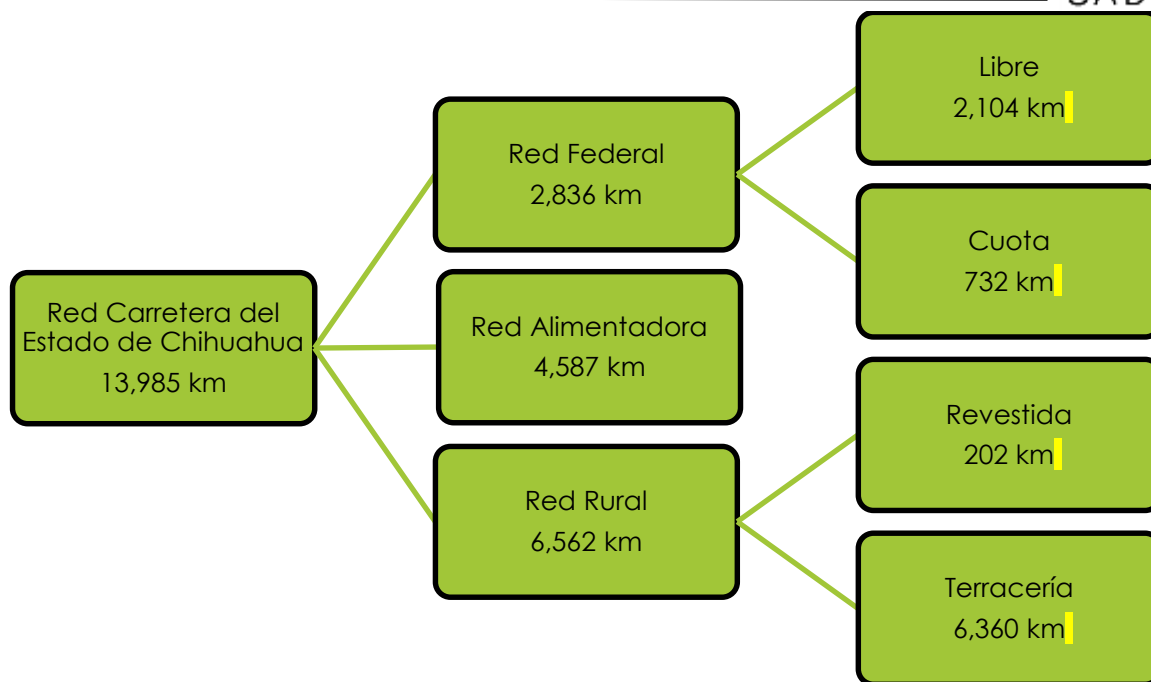
de la densidad carretera en comparación con la media nacional (0.290). Como se puede observar en la tabla siguiente, de los estados con una menor superficie tienden a tener una alta densidad, como es el caso de Tlaxcala, Morelos y Colima, mientras que estados con una alta superficie tienen una mayor cantidad de kilómetros de carreteras, pero su densidad es muy baja como, lo es Baja California Sur, Coahuila y Chihuahua.

No.	ESTADO	SUPERFICIE (KM <sup>2</sup> )	CARRETERAS (KM)	DENSIDAD (KM/KM <sup>2</sup> )	PAVIMENTADA (KM)	REVESTIDA (KM)
1	Tlaxcala	3,997	3,021	0.756	1,793	1,227
2	México	22,333	15,069	0.675	7,209	7,860
3	Morelos	4,892	3,093	0.632	1,860	324
4	Hidalgo	20,856	11,981	0.574	4,812	5,901
5	Guanajuato	30,621	13,746	0.449	7,642	6,104
6	Jalisco	78,630	34,064	0.433	14,608	7,288
7	Colima	5,627	2,379	0.423	1,230	1,101
8	Aguascalientes	5,625	2,376	0.422	1,423	593
9	Tabasco	24,747	9,757	0.394	6,454	2,720
10	Veracruz	71,856	28,056	0.39	10,321	12,840
11	Oaxaca	93,343	30,716	0.329	7,253	0
12	Chiapas	73,681	23,163	0.314	7,356	14,747
13	Yucatán	39,671	12,424	0.313	6,294	2,511
14	Puebla	34,251	10,348	0.302	5,742	4,400
15	Guerrero	63,618	18,981	0.298	6,725	6,264
16	Sinaloa	57,331	17,008	0.297	5,373	3,564
17	Querétaro	11,658	3,362	0.288	2,481	881
18	San Luis Potosí	61,165	14,551	0.238	8,234	5,938
19	Nayarit	27,862	5,407	0.194	2,816	2266
20	Tamaulipas	80,148	14,054	0.175	5,388	8,544
21	Baja California	71,546	12,141	0.17	2,966	4179
22	Michoacán	58,667	9,832	0.168	8,209	1,366
23	Zacatecas	75,416	12,268	0.163	6,516	4456
24	Sonora	179,516	25,322	0.141	7,474	4,376
25	Quintana Roo	42,535	5,869	0.138	3,320	2549
26	Durango	123,367	16,422	0.133	5,550	7,741
27	Nuevo León	64,203	7,400	0.115	4,962	2426
28	Campeche	57,727	5,621	0.097	4,132	264
29	Baja California Sur	73,943	5,979	0.081	1,853	1655
30	CDMX	1,485	105.000	0.071	105	0
31	Coahuila	151,445	8,811	0.058	4,999	3812
32	Chihuahua	247,487	13,985	0.057	10,021	3,370

Tabla 3.- Densidad carretera a nivel Estatal.

En el caso particular del estado de Chihuahua, se encuentra ubicado en la última posición de densidad carretera con un valor de 0.057 km/ km<sup>2</sup>, es decir, es el estado que tiene un menor número de kilómetros de carreteras por kilómetro cuadrado de extensión territorial.

Actualmente, la Red Carretera del estado de Chihuahua se encuentra constituida por 13,985 km, de los cuales 7.4% corresponde a la Red Federal, 32.8% a la Red Alimentadora, y 59.8% a la Red Rural.



**Gráfica 2.-** Composición de la Red Carreteras en el Estado de Chihuahua.  
**Fuente:** <https://www.gob.mx/imt/acciones-y-programas/red-nacional-de-caminos>

El Gobierno del Estado de Chihuahua a través de la Secretaría de Comunicaciones y Obras Públicas han puesto en marcha una serie de estrategias y acciones encaminadas a lograr un desarrollo regional sustentable a partir de proyectos de inversión que impacten a la sociedad con mecanismos que generen beneficios en la calidad de vida de la población; aprovechando las mejores prácticas para eficientar y maximizar los recursos disponibles.

Uno de sus principales objetivos es el uso eficiente y eficaz de los recursos que se destinan a proyectos de infraestructura pública; de tal forma que se logre establecer una planeación de proyectos de inversión basada en la rentabilidad y aprovechamiento de los recursos donde se otorgue prioridad a los proyectos de mayor rentabilidad. Con lo anterior, se logra el mejor aprovechamiento de los recursos bajo una mira de gasto más responsable.

En este contexto, el Gobierno del Estado, a través de la Secretaría de Comunicaciones y Obras Públicas, ha puesto en marcha el mejoramiento y rehabilitación de la carretera Cuauhtémoc – Álvaro Obregón, la cual tiene por objetivo mejorar las condiciones de servicio con las que hoy opera dicha vía de

vital importancia para el comercio y en general la vida diaria de miles de habitantes de Cd. Cuauhtémoc.



**Imagen 5.-** Situación actual Carr. Cuauhtémoc – Álvaro Obregón.  
**Fuente:** Elaboración propia.

### **a). Diagnóstico de la Situación Actual.**

La ciudad de Cuauhtémoc se encuentra situada en la región centro-oeste del estado, en la zona de transición entre la meseta y la sierra, tiene una extensión territorial de 3614,07 km<sup>2</sup>; tiene una altitud de 2,000 MSNM.; con un promedio anual de 65 días de lluvia y una humedad relativa del 56% y una precipitación pluvial media anual que oscila entre 500 a 600 milímetros, La temporada de lluvias coincide con el monzón de Norteamérica en los meses de julio, agosto y septiembre. Los municipios con los que colinda son: con los municipios de Cusihuirachi, Riva Palacio, Gran Morelos, Bachíniva, Guerrero y Namiquipa



**Imagen 6.-** Localización del Municipio de Cuauhtémoc en el Estado.

**Fuente:** Elaboración propia.

Derivado del crecimiento de la mancha urbana, así como de la población, se han presentado incrementos en el uso de las vías de comunicación hacia las comunidades dentro del municipio, lo que incrementa a su vez el daño por uso a las carreteras existentes, debido a lo cual se requiere realizar un mantenimiento correctivo a lo largo del tramo.



**Imagen 7.-** Vista actual de la Carr. Cuauhtémoc – Álvaro Obregón.

**Fuente:** Elaboración propia.

## Geometría de Vialidades

### Levantamiento geométrico

La carretera cuenta con dos cuerpos de circulación, que tienen a su vez dos carriles por sentido, los anchos promedio de corona por cuerpo rondan los 7.00 metros, mientras que los carriles tienen un promedio de 3.50 metros de ancho con ligeras variaciones a lo largo del camino.

Durante los recorridos en campo no se identificaron cambios de velocidad, conservando en la totalidad del recorrido una velocidad de operación de 80 km/h, asimismo, fueron identificados reductores de velocidad únicamente al llegar a las zonas urbanas del seccional Álvaro Obregón y Ciudad Cuauhtémoc. Por otra parte, no fueron identificados dispositivos de control semafórico a lo largo del tramo.

### Secciones Transversales

En la actualidad, el tramo de estudio consiste en una sección transversal de dos carriles por sentido sin acotamiento, con un camellón central, a lo largo de la ruta CHIH, Carretera Cuauhtémoc-Buenaventura. En las áreas urbanas, la configuración vial permanece sin cambios, sin modificaciones en el número de carriles o las dimensiones del camellón central. A continuación, se muestran las dos secciones tipo del tramo.

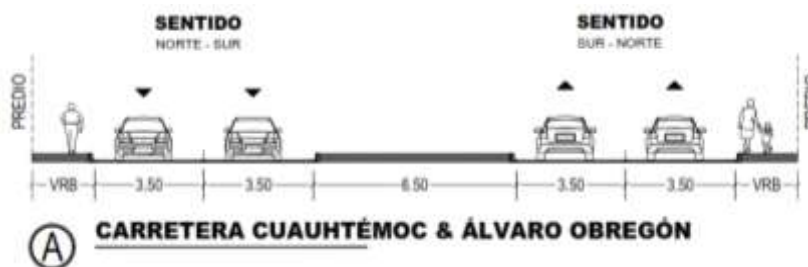


Imagen 8 Sección tipo de la carretera Cuauhtémoc-Buenaventura en el punto de instalación de equipos aforadores (km. 25)



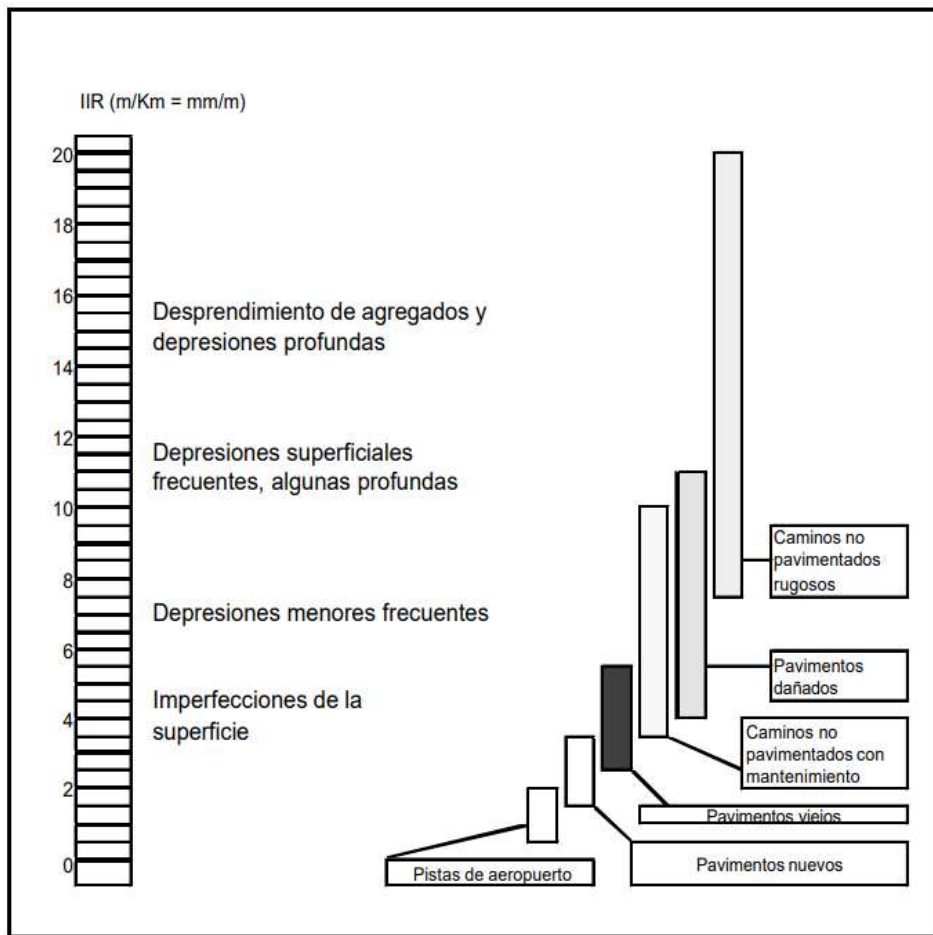
Imagen 9.- Sección tipo de la carretera Cuauhtémoc-Buenaventura fuera de las zonas urbanas.



## **Condiciones de la superficie de rodamiento**

### *Índice de Rugosidad Internacional*

De acuerdo a los recorridos en campo, se pudo apreciar que existen tramos cuya superficie de rodamiento se encuentra en condiciones aceptables, mismas que presentan problemas mínimos, los cuales pueden ser remediados aplicando tratamientos menores, como bacheo superficial o calafateo de grietas aplicados ambos de manera adecuada y con materiales que aseguren la calidad y la durabilidad de dichos trabajos, sin embargo, existen otros tantos tramos que presentan fallas y daños estructurales graves, tramos que por la cantidad de fallas, proximidad y dimensiones de los mismos no es posible dar un tratamiento de bacheo simple, para dar una escala a lo anterior se determina la utilización del Índice de Rugosidad Internacional, el cual tiene un rango para un camino pavimentado de 0 a 12 m/km. (0 a 760 in/mi), donde 0 es una superficie perfectamente uniforme y 12 un camino intransitable, dicha escala se muestra gráficamente en la imagen siguiente.



*Imagen 10.- Escala de valores del IRI y las características de los pavimentos.*

Para el caso del camino en cuestión se consideran dos mediciones con rangos promedios, toda vez que, como se ha mencionado, existen tramos en condiciones buenas y aceptables, así como otros que se encuentran en condiciones regulares y malas.

Dando un total de IRI promedio sobre los **6.27 m/km**.

Estado	Intervalos del IRI	
	Autopistas de cuota y corredores carreteros	Red básica libre y red secundaria
Bueno	< 1.8	< 2.5
Aceptable	1.8 a 2.5	2.5 a 3.5
No satisfactorio	> 2.5	> 3.5

*Tabla 4.- Intervalos del IRI para la clasificación de los tramos.*



### *Presencia y Tipo de fallas en el Pavimento*

Algunas de las causas más comunes de las fallas en los pavimentos flexibles son las siguientes:

- **Cambios de temperatura:** Los pavimentos flexibles pueden expandirse y contraerse con los cambios de temperatura, lo que puede provocar agrietamiento. Esto es especialmente común en climas con grandes variaciones de temperatura, donde los ciclos de congelación y descongelación pueden exacerbar este problema.
- **Sobrecarga de tráfico:** Los pavimentos flexibles pueden ser dañados por el tráfico pesado o constante, lo que puede provocar deformaciones y hundimientos en la superficie de la carretera.
- **Envejecimiento:** Con el tiempo, los pavimentos flexibles pueden perder su elasticidad y volverse más rígidos, lo que puede provocar agrietamiento y desgaste.
- **Compactación del suelo:** Si el suelo debajo de la superficie del pavimento no está correctamente compactado, puede haber asentamientos y deformaciones en la superficie de la carretera.
- **Diseño y construcción deficientes:** Si el diseño del pavimento no se realiza correctamente, o si la construcción no se lleva a cabo adecuadamente, puede haber problemas como falta de drenaje, mala calidad de los materiales o grosor insuficiente del pavimento.
- **Fenómenos naturales:** Las inundaciones, terremotos y otros fenómenos naturales pueden dañar los pavimentos flexibles, causando hundimientos, agrietamiento y deformaciones.

Los tipos de fallas presentes en la estructura de un pavimento flexible son:

- Fisuras y Grietas
- Parches deteriorados
- Baches en carpetas asfálticas
- Hundimientos
- Exudaciones
- Disgregamiento de agregados
- Pliegues





Durante los recorridos realizados en la zona de estudio, se identificaron diferentes tipos de fallas en el pavimento, siendo algunas de ellas fallas funcionales y otras fueron catalogadas como fallas estructurales.

Las fallas funcionales consisten en deficiencias superficiales del pavimento a las que se asocian precisamente el índice de servicio, que afectan en mayor o menor grado la capacidad de la vialidad en proporcionar al usuario un tránsito cómodo y seguro.

Las fallas estructurales son deficiencias del pavimento que ocasiona una reducción en la capacidad de carga del mismo.

Las fallas catalogadas como funcionales que se observaron en la zona de estudio fueron baches superficiales, desprendimiento de partículas, agrietamientos en forma de mapa y mezcla asfáltica sin compactar; las fallas catalogadas como estructurales fueron agrietamientos de piel de cocodrilo, deformación por rodera y deformación longitudinal o rodera.

<b>Fallas estructurales</b>	<b>Fallas funcionales</b>
Piel de cocodrilo	Baches Superficiales
Deformación rodera y longitudinal	Desprendimiento de partículas
Desprendimiento	Agrietamientos en forma de mapa
Reparaciones mal terminadas	
Exudación	

**Tabla 5.-** Clasificación de fallas en el pavimento

## ANÁLISIS COSTO BENEFICO

Rehabilitación de la carretera Cuauhtémoc – Álvaro Obregón



CADUMA



*Imagen 11.- Estado actual de la carretera*



De acuerdo a lo percibido en campo al realizar los recorridos a lo largo de la zona de estudio, se determina que la carretera cuenta con algunos tramos en buenas condiciones, sin embargo, en su mayoría se encuentran en condiciones regulares o incluso en malas condiciones, situación que incrementa la posibilidad de que ocurran percances viales, toda vez que, una superficie de rodamiento en malas condiciones propicia el tráfico lento, así como maniobras invasivas al carril contiguo.

### **Condiciones del Señalamiento**

La evaluación de las condiciones de señalamiento vial tiene como objetivo garantizar que los elementos de señalización que ayuden a los conductores a navegar de manera segura y eficiente por las carreteras. Aquí hay algunos aspectos importantes a considerar en la evaluación de condiciones de señalamiento vial:

- **Visibilidad y legibilidad:** Es fundamental que las señales sean claramente visibles para los conductores y que la información que proporcionan sea fácilmente legible, incluso en condiciones de poca luz o climáticas adversas. La altura, el tamaño de las letras y los colores utilizados son aspectos a tener en cuenta.
- **Ubicación y colocación:** Las señales deben estar estratégicamente ubicadas en lugares donde los conductores puedan verlas con anticipación y tener tiempo suficiente para reaccionar. Además, deben colocarse a una altura y posición adecuadas para que sean visibles desde diferentes ángulos y distancias.
- **Patrón (Diseño):** Las señales deben seguir un patrón consistente y uniforme en términos de diseño, color y símbolos utilizados. Esto ayuda a los conductores a comprender rápidamente el significado de las señales y a tomar decisiones informadas mientras conducen.
- **Mantenimiento:** Es importante realizar inspecciones regulares para garantizar que las señales estén en buenas condiciones y no estén obstruidas por vegetación, suciedad u otros elementos que puedan afectar su visibilidad. Además, las señales dañadas o desgastadas deben ser reparadas o reemplazadas de inmediato.








- **Cumplimiento de normativas:** Las señales deben cumplir con las normativas y estándares de señalización vial establecidos por las autoridades competentes.

Asimismo, se clasificó el señalamiento vial en vertical y horizontal. En el señalamiento horizontal se subdivide en líneas y pictogramas.

Para la evaluación del estado físico general del señalamiento se determinaron tres categorías:

- Bueno, indica que el señalamiento se encuentra en las mejores condiciones.
- Regular, se presenta algún deterioro en el señalamiento.
- Malo, se refiere a que el señalamiento se encuentra en pésimas condiciones.

SEÑALAMIENTO HORIZONTAL														
Fotografía	Marcas en el pavimento							Otros elementos						
	Localización	Tipo y clave	Ancho (cm)	Color	Posición transversal (cm)	Presenta microesfera	Estado de conservación	Tipo y clave	Inicio y fin	Cantidad por km	Color	Reflejante	Estado de conservación	Porcentaje de desprendimiento
	Carr. Chih - A. Obregón (Sentido: Sur - Norte)	M-2.3 Raya separadora de carriles, discontinua	15 cm	Blanco	NA		Indeterminado	Regular	NA	NA	NA	NA	NA	NA
	Carr. Chih - A. Obregón (Sentido: Norte - Sur)	M-2.3 Raya separadora de carriles, discontinua	15 cm	Blanco	NA		Indeterminado	Malo	NA	NA	NA	NA	NA	NA
	Carr. Chih - A. Obregón	M-12.1 Marcas en guarniciones para prohibir estacionamiento	15 cm	Amarillo	NA		Indeterminado	Regular	NA	NA	NA	NA	NA	NA
	Carr. Chih - A. Obregón	M-3.1 Raya en la orilla Derecha, Continua	15 cm	Blanco	NA		Indeterminado	Malo	NA	NA	NA	NA	NA	NA
	Carr. Chih - A. Obregón	M-3.3 Raya en la orilla Izquierda	15 cm	Amarillo	NA		Indeterminado	Malo	NA	NA	NA	NA	NA	NA

**Tabla 6.-** Inventario de señalamiento Horizontal

En el caso del señalamiento vertical se identificó una cantidad mínima lo largo del tramo estudiado. La falta de señalamiento vertical, es una situación preocupante que puede comprometer seriamente la seguridad vial.



## **b). Análisis de la Oferta Existente.**

En el análisis de la oferta existente se evalúan todas las características físicas y operativas que influyen en la elección de la ruta por parte del usuario.

### **Red de Transporte**

Actualmente, dentro de la Red Estatal de Carreteras de Chihuahua, no existe otra vía alterna que conecte dichas zonas urbanas. Lo que significa que todos los vehículos que se desplazan desde Cuauhtémoc hasta Álvaro Obregón deben de transitar por esta única carretera disponible.



**Imagen 12** Oferta actual existente de Red de transporte de Cd. Cuauhtémoc a Colonia Álvaro Obregón.

**Fuente:** Red Nacional de Caminos

## Zonificación

La carretera Cuauhtémoc – Buena Aventura, brinda red de transporte a cuatro municipios del estado de Chihuahua, entre ellos están Cuauhtémoc, Namiquipa, Bachíniva y Buenaventura. Y el tramo a intervenir es de Cd. Cuauhtémoc a Colonia Álvaro Obregón



*Imagen 13 Municipios de la carretera Chihuahua – Buenaventura.*



Imagen 14 Municipio del tramo a intervenir.

### Red Carretera para el análisis costo beneficio

La problemática está dada por la baja sensación de seguridad por parte de los usuarios, ya que se encuentran secciones de la carretera las cuales no están en condiciones ideales para transitar, debido a que la carpeta asfáltica presenta fallas longitudinales, transversales y en forma de mapa, además de no existir tampoco las condiciones adecuadas de señalamiento tanto horizontal como vertical.

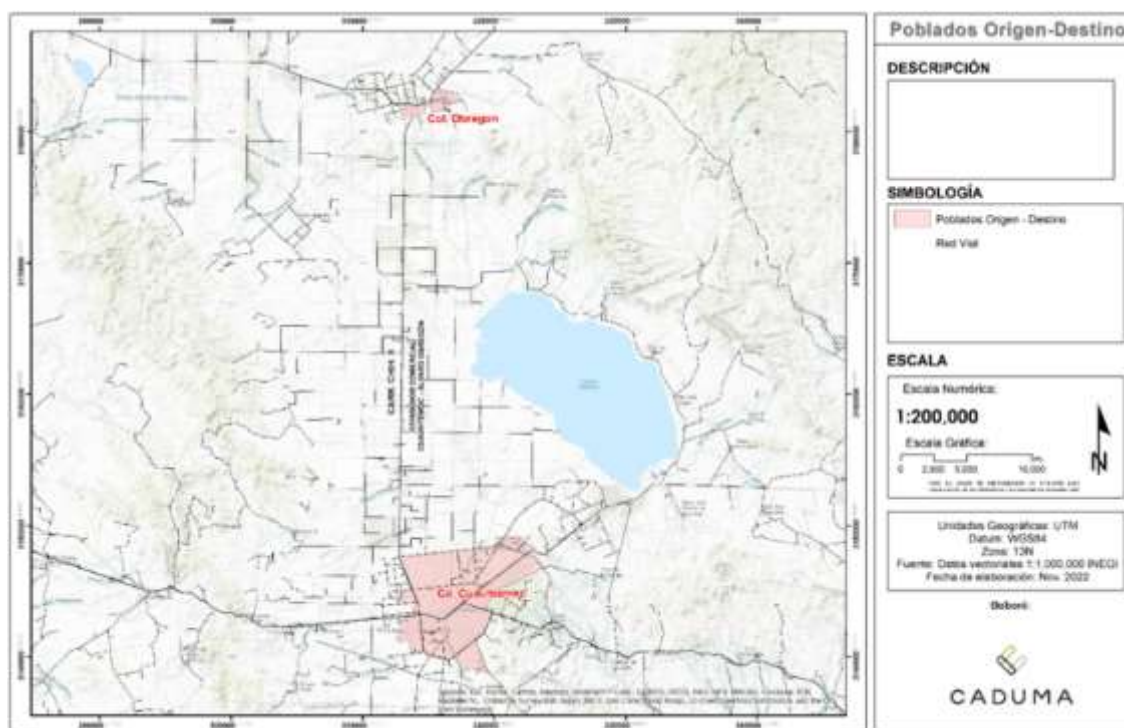


Imagen 15.- Poblaciones origen y destino.  
Fuente: Elaboración propia.





El tramo en estudio tiene una longitud de 40.0 km para ambos cuerpos y está constituida por dos carriles por sentido, con un ancho de corona de 17.00 a 20.00 metros con acotamientos laterales. El tipo de superficie de rodado es pavimento asfáltico. En el trabajo de campo se recabó información sobre las características físicas y geométricas de la carretera, las cuales se presentan en la siguiente tabla.

CONCEPTO	POR SENTIDO DE CIRCULACIÓN
Longitud (kms)	40.0
Tipo de Carretera	A4
Tipo de terreno preponderante	Plano
Número de carriles	4
Ancho de Calzada (mts)	7.00 m por sentido
Ancho de corona (mts)	17.00 a 20.00 m
Superficie de rodamiento	Pavimento asfáltico
Estado físico de la vía	No satisfactorio
Acotamientos	n/a
Señalamiento	Regular

Tabla 7.- Características físicas y geométricas de la carretera Cuauhtémoc – Álvaro Obregón.

*Fuente: Elaboración propia*

### c). Análisis de la Demanda Actual.

La demanda está compuesta por el aforo vehicular que viaja de la ciudad de Cuauhtémoc hacia Colonia Álvaro Obregón, y viceversa, así como los compradores de los negocios a lo largo de la vía. No obstante, en atención a la metodología internacionalmente aceptada para la evaluación de proyectos carreteros, es necesario determinar la composición, la tasa de crecimiento y el comportamiento histórico del aforo, para poder generar la estimación de los CGV relevantes del proyecto.

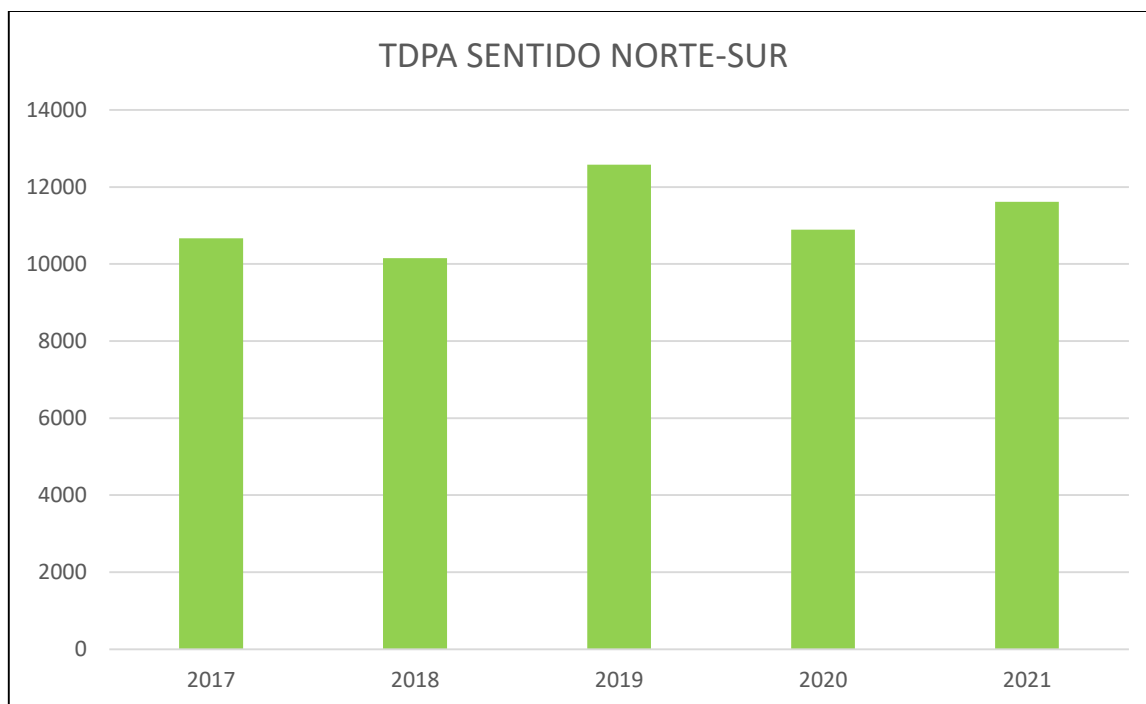
Se observa que el tramo en estudio de 40.0 kms no presenta desviaciones de flujo relevantes, a pesar que las intersecciones a lo largo del mismo cuentan con movimientos direccionales, sin embargo, se determina que la mayor parte del flujo es lineal y continuo, teniendo los principales accesos en el inicio y fin del tramo en estudio.

Para la estimación de la demanda y a fin de conocer el volumen de tránsito que circula por ese camino, se obtuvo información mediante la elaboración de aforos

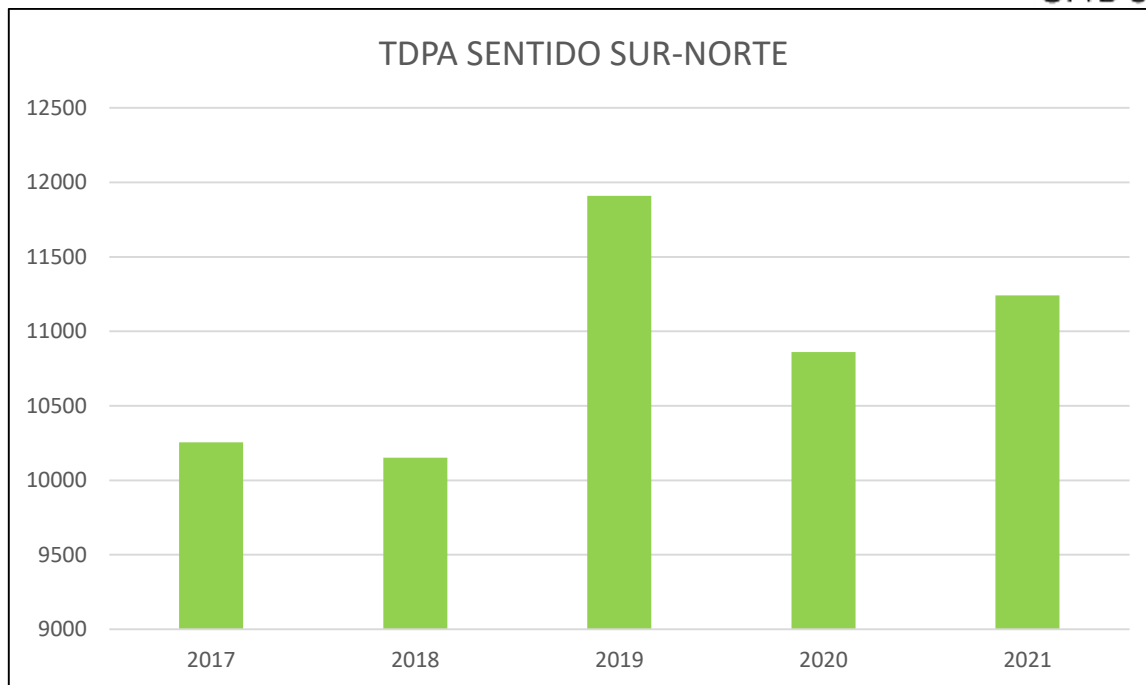


manuales, con la finalidad de recabar datos de volumen, velocidades y composición vehicular en la zona.

Para calcular el aforo vehicular, se utilizaron las estimaciones de tránsito diario promedio anual (TDPA), publicadas por la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SICT), para los años 2017 - 2021.



**Gráfica 3.-** TDPA carretera Cuauhtémoc-Álvaro Obregón sentido Norte-Sur. Datos obtenidos de los Datos Viales de la SICT.



**Gráfica 4.-** TDPA Carretera Cuauhtémoc-Álvaro Obregón sentido Sur-Norte.  
 Datos obtenidos de los Datos Viales de la SICT.

A fin de identificar la composición del flujo vehicular, en la siguiente tabla se presente la nomenclatura y clasificación vehicular utilizada en este estudio:

Nomenclatura	Tipo de vehículo
<b>A</b>	Autos
<b>B</b>	Autobuses
<b>C</b>	Camiones unitarios tipo C2 Y C3
<b>T</b>	Camiones articulados tipo T3S2, T3S3 Y T3S2R4

**Tabla 8.-** Clasificación vehicular.  
**Fuente:** Elaboración propia.

De acuerdo con la información publicada por la SCT, la composición vehicular para esta carretera se constituye por vehículos ligeros, autobuses, camiones no articulados y camiones articulados. La distribución del TDPA en el año 2023 de acuerdo a su composición, se muestra en las tablas siguientes.



TIPO DE VEHÍCULO	TDPA	COMPOSICIÓN VEHICULAR (%)
Vehículo ligero	9,550	82.20
Autobús	93	0.80
Camión no articulado	1,673	14.40
Camión articulado	302	2.60
<b>Total</b>	<b>11,618</b>	<b>100.00</b>

**Tabla 9.-** Composición vehicular Carretera Cuauhtémoc-Álvaro Obregón sentido Norte-Sur.

**Nota:** Se asume la misma composición vehicular sin y con congestión y en ambos sentidos.

**Fuente:** Elaboración propia.

TIPO DE VEHÍCULO	TDPA	COMPOSICIÓN VEHICULAR (%)
Vehículo ligero	9,162	81.50
Autobús	90	0.80
Camión no articulado	1,664	14.80
Camión articulado	326	2.90
<b>Total</b>	<b>11,242</b>	<b>100.00</b>

**Tabla 10.-** Composición vehicular Carretera Cuauhtémoc-Álvaro Obregón sentido Sur-Norte.

**Nota:** Se asume la misma composición vehicular sin y con congestión y en ambos sentidos.

**Fuente:** Elaboración propia.

A partir de la información del Tabla 12 y 13 se puede observar que existe una intermedia proporción de camiones que circulan por la carretera bajo estudio (hasta 14.80% de camiones unitarios y 2.90% de camiones articulados), hecho que ocasiona “bajas” velocidades en la Situación Actual para los demás vehículos.

Con el fin de determinar el crecimiento promedio anual del TDPA para esta carretera, en la Tabla 11 se muestra el crecimiento del aforo vehicular del periodo 2019-2023 de acuerdo a los datos obtenidos del INEGI: Vehículos de motor registrados en circulación.

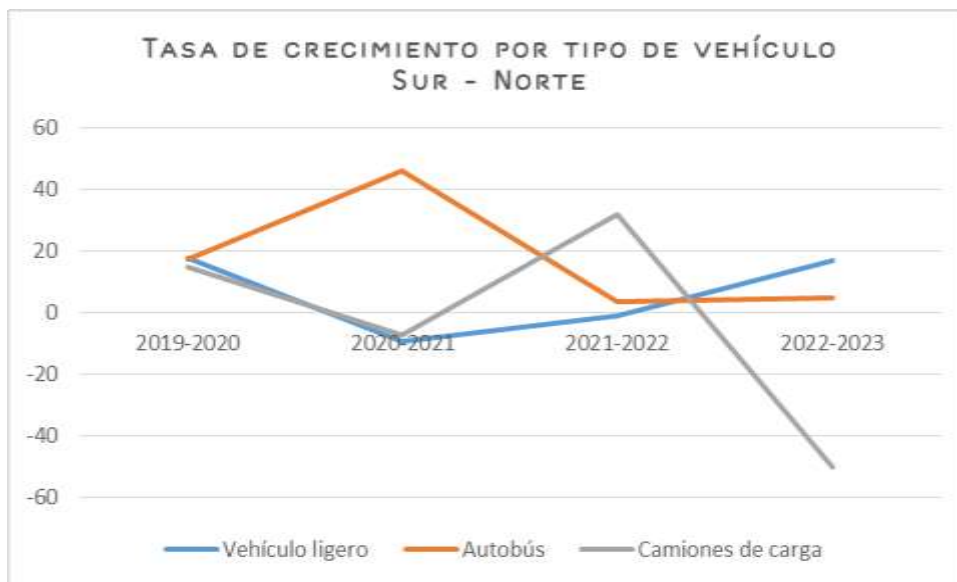
SENTIDO SUR - NORTE					
TIPO DE VEHÍCULO	AÑO				CRECIMIENTO PROMEDIO
	2019-2020	2020-2021	2021-2022	2022-2023	
Vehículo ligero	17.72	-9.34	-1.09	16.89	6.05
Autobús	17.31	45.91	3.52	4.92	17.91
Camiones de carga	14.79	-7.48	31.82	-50.21	-2.77

**Tabla 11.-** Crecimiento promedio del flujo vehicular por tipo de vehículo (porcentaje) sentido Sur-Norte.

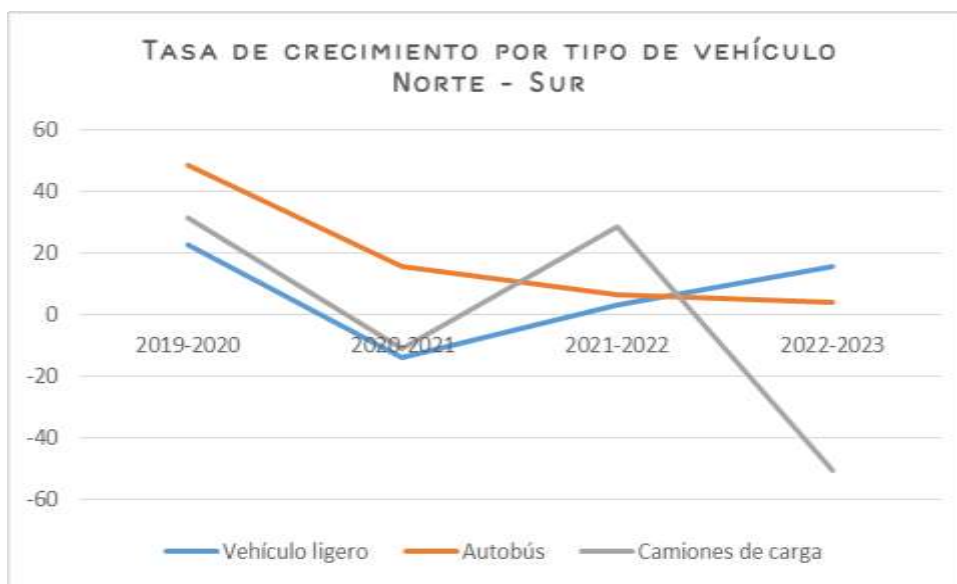


SENTIDO NORTE-SUR					
TIPO DE VEHÍCULO	AÑO				CRECIMIENTO PROMEDIO
	2019-2020	2020-2021	2021-2022	2022-2023	
Vehículo ligero	22.58	-13.99	3.03	15.43	6.76
Autobús	48.64	15.49	6.67	4.15	18.74
Camiones de carga	31.55	-10.85	28.6	-50.38	-0.27

**Tabla 12.-** Crecimiento promedio del flujo vehicular por tipo de vehículo (porcentaje) sentido Norte-Sur.



**Gráfica 5.-** Tasa de crecimiento vehicular anual. Sentido Sur-Norte.



**Gráfica 6.-** Tasa de crecimiento vehicular anual. Sentido Norte-Sur.

## ANÁLISIS COSTO BENEFICO

Rehabilitación de la carretera Cuauhtémoc – Álvaro Obregón



CADUMA

TIPO DE VEHÍCULO	COMPOSICIÓN VEHICULAR (%)	AFORO EN HORAS CON CONGESTIÓN
<i>Vehículo ligero</i>	81.85	<b>11,618</b> <i>(Sentido Norte – Sur)</i>
<i>Autobús</i>	0.80	
<i>Camión no articulado</i>	14.60	
<i>Camión articulado</i>	2.75	

**Tabla 13.-** Porcentaje de composición vehicular de la carretera.

**Fuente:** Elaboración propia con base en el trabajo de campo.



**Imagen 16.-** Condiciones actuales de pavimento.



**Imagen 17.-** Condiciones actuales de pavimento.

#### **d). Interacción de la Oferta - Demanda.**

Los principales indicadores entre la oferta y la demanda de un proyecto, son las velocidades de operación y los tiempos de recorrido que actualmente se presentan en la carretera Cuauhtémoc – Álvaro Obregón.

##### **Velocidades de operación**

A fin de determinar la velocidad de operación actual, se realizaron estudios en campo por medio la colocación de estaciones de aforo automáticas las cuales hacen un recuento de los vehículos que pasan por el punto de localización, así como una clasificación detallada de los tipos de vehículos la velocidad de punto que cada uno de ellos llevaba al momento del contacto con las mangueras de conteo.

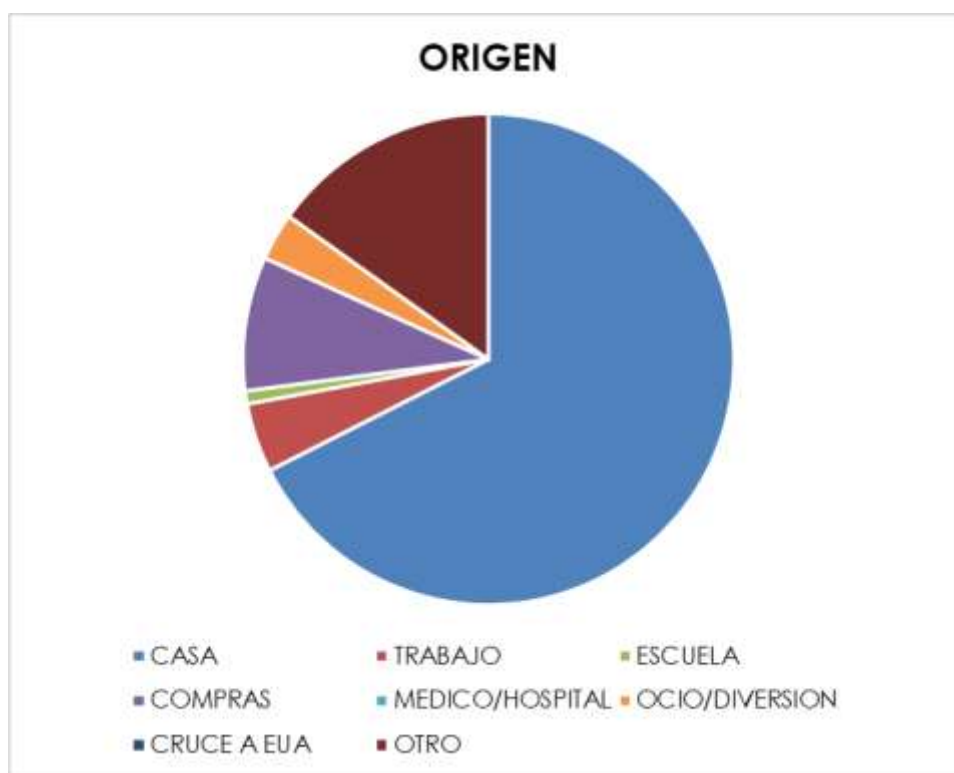
##### **Tiempos de recorrido**

Los tiempos de recorrido en el tramo de estudio se obtienen derivados de las velocidades registradas por las estaciones de aforo automáticas y la longitud de la vía en análisis.



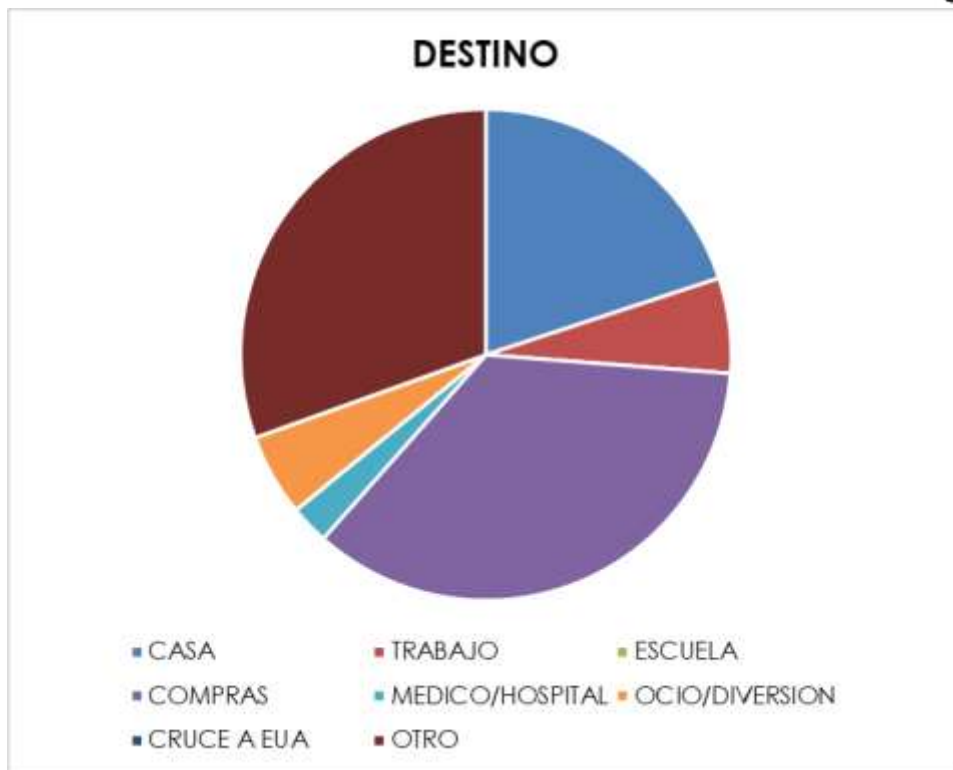
Para tener un panorama más amplio, conocer las necesidades y las razones que motivan a los conductores a utilizar la carretera Cuauhtémoc – Álvaro Obregón, se decidió realizar encuestas origen – destino en ambos sentidos de la misma, con la finalidad de recabar datos de los principales sitios que son comunicados por dicha vía, así como el motivo principal de los viajes y el número de ocupantes de cada vehículo, con lo cual se tiene un parámetro que permita ayudar a conocer la cantidad de personas a las que brinda servicio la carretera en estudio. Por último, las encuestas realizadas permiten saber con qué frecuencia es utilizada la carretera.

**Viajes Origen – Destino sobre la Carretera Cuauhtémoc – Álvaro Obregón**



**Gráfica 7.-** De dónde se originan los viajes de quienes utilizan la Carr. Cuauhtémoc - Álvaro Obregón.

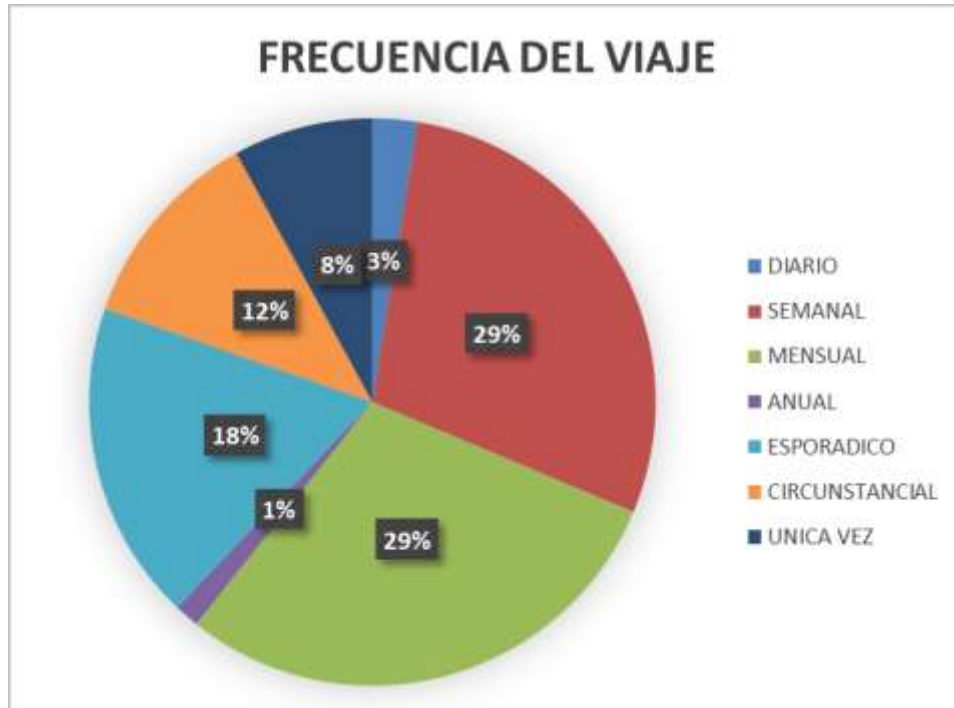




**Gráfica 8.-** Hacia dónde se dirigen los viajes de quienes utilizan la Carr. Cuauhtémoc - Álvaro Obregón



**Gráfica 9.-** No. de ocupantes promedio por vehículo que circulan sobre la vía en estudio.



Gráfica 10.- Frecuencia media de utilización de la Carr. Cuauhtémoc - Álvaro Obregón

### **III.- SITUACIÓN SIN EL PPI**

Considerando el periodo de construcción y la vida útil del proyecto se establece un horizonte de evaluación de 16 años, periodo en que se contemplan los siguientes supuestos:

- La zona en estudio seguirá incorporando población, lo que significa mayor área construida, incremento en acumulación de volumen vehicular y circulación permanente.
- Debido a las tendencias y al clima que predomina en la región se continuará con climas poco favorables o lluvias torrenciales que pueden afectar de manera directa a la estructura del pavimento.
- La infraestructura de los comercios en la zona se mantienen.

Con base en lo anterior, resulta fundamental brindar una solución a la población de Cuauhtémoc y Álvaro Obregón, mediante trabajos de conservación y rehabilitación de la carpeta asfáltica existente, así como el reemplazo de los señalamientos que incrementen la seguridad de los usuarios a lo largo del tramo al que se hace mención. Mejorando a su vez los tiempos de traslado de un punto a otro y reduciendo de manera significativa los costos generalizados de viaje al transitar por la carretera.

#### **a). Optimizaciones**

Actualmente la situación de la estructura vial de la Carretera Cuauhtémoc – Álvaro Obregón cuenta con numerosos tramos en malas condiciones, por lo que se determina que no es factible realizar algún procedimiento de reparación o rehabilitación local menor como bacheo aislado, toda vez que los tramos dañados sobrepasan la superficie máxima recomendada para dichos procedimientos.

Dado lo anterior, se concluye que la alternativa de solución mínima es la de rehabilitación mayor a base de fresado y recarpeteo y renivelaciones de tramos con superficies adecuadas a tales trabajos. En consideración a las características actuales como las condiciones de uso, volúmenes, velocidades registradas y observaciones hechas en campo, se determina que la única medida para solventar la problemática identificada es la propuesta presentada por el PPI.

**b). Análisis de la oferta**

Al no existir una posible medida de optimización, se considera que la oferta de tránsito y traslado de mercancías desde Cd. Cuauhtémoc hasta Col. Álvaro Obregón se mantendrá sin cambios a lo existente actualmente. Esto se debe a que la medida de optimización aplicada en este tipo de problemática es justamente la rehabilitación y recarpeteo de la superficie de rodamiento en tramos aislados o en la totalidad de la vía, salvo las situaciones puntuales donde se aprecie una falla en las estructuras inferiores del pavimento y derivado de ello se requieran procedimientos mayores al mencionado.

Como se mencionó anteriormente, en la actualidad se cuenta solamente con el conocido Corredor Comercial como vía de comunicación directa de personas y mercancías entre la cabecera municipal Ciudad Cuauhtémoc y Colonia Álvaro Obregón, aunado a que a lo largo de esta vía se concentra una gran cantidad de negocios, empresas, restaurantes y demás comercios, por lo cual el volumen vehicular que transita por la zona diariamente es muy elevado. Dicha carretera no se encuentra actualmente en las condiciones ideales de conservación.



**Imagen 18.-** Vista aérea de un tramo de la Carr. Cuauhtémoc – Álvaro Obregón.  
Fuente: Elaboración propia.

### c). Análisis de la demanda

#### Metodología de estudio de demanda

El estudio de demanda se llevó a cabo en cinco etapas, las cuales se detallan a continuación:

1. Inicialmente, se realizó un análisis del entorno del proyecto en conjunto con los objetivos establecidos por la SICT.
2. La segunda fase implicó, la recopilación de información documental y de campo. Esta información sirvió como base para el desarrollo de análisis y modelos que permitieron estimar la demanda del tramo carretero.
3. La tercera etapa del estudio consistió en el análisis de la información recopilada, donde se llevó a cabo un diagnóstico de la oferta y la demanda.
4. La cuarta fase de la metodología se centró en el comportamiento de la oferta, la demanda, la captación y la asignación.
5. Finalmente, el quinto paso se enfocó en el desarrollo del pronóstico de aforo e ingresos para el tramo carretero en estudio.

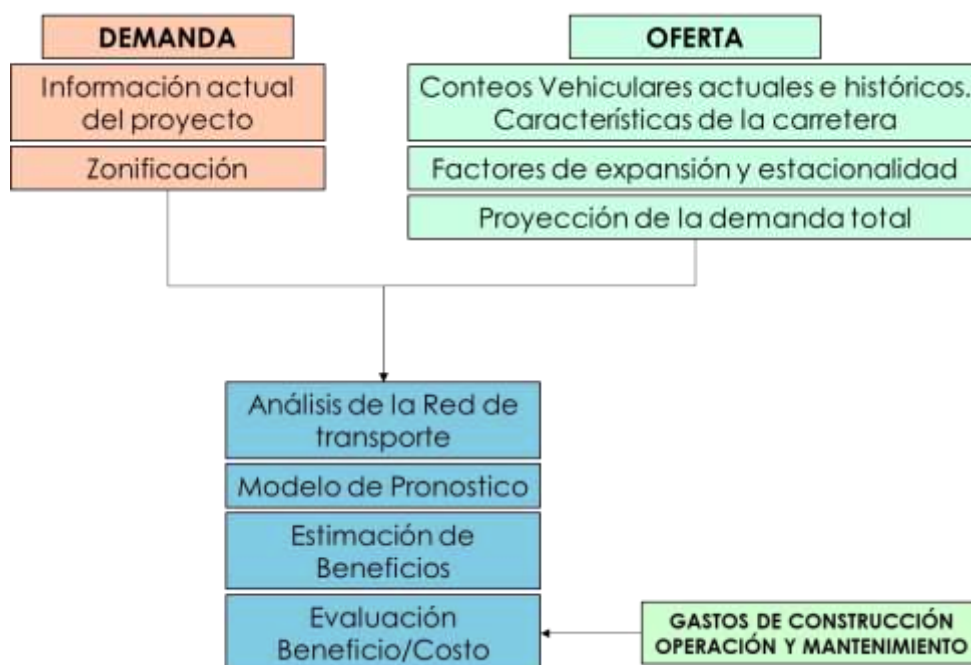


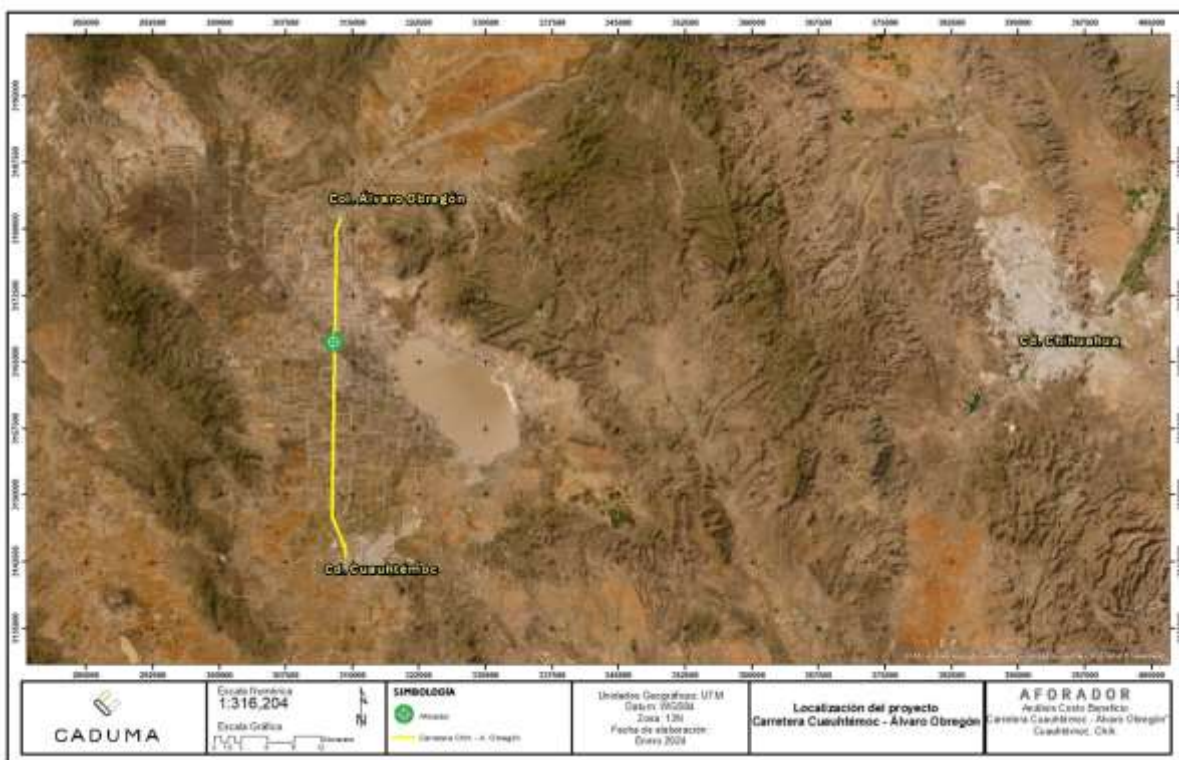
Imagen 19.- Metodología de estudio de demanda.



## **Análisis de demanda**

La demanda de la Carretera Cuauhtémoc – Álvaro Obregón constituye los vehículos que utilizan los caminos para trasladarse desde un origen a un destino.

Si partimos de que los tramos carreteros existen, y por lo tanto hay un flujo de tránsito (TDPA) que circula por esas vías, entonces podemos decir que el TDPA de los tramos conforma la demanda de estos. Para determinar la TDPA y la composición vehicular, fueron realizados aforos vehiculares en la Carretera Cuauhtémoc – Álvaro Obregón, con objeto de conocer la demanda existente obteniendo los resultados siguientes.



*Imagen 20* Localización de aforador automático.

El aforo se realizó con un sistema clasificador de vehículos MetroCount 5600, el cual consiste en la colocación de aforadores vehiculares neumáticos de forma temporal que nos proporcionan el número de vehículos anuales, mensuales o diarios, así como la información horaria de los momentos en que se producen retenciones o picos de tráfico; como también datos adicionales como la velocidad y tipo de vehículos.



El equipo automático de aforo se colocó en el km 25+000 de la Carretera Chihuahua – Álvaro Obregón. Se colocaron los equipos aforadores por un periodo de una semana, desde el martes 30 de Enero de 2024 hasta el martes 06 de Febrero de 2024.

Dichos equipos permitieron identificar de manera clara el día de la semana con mayor demanda vehicular así como las horas, tanto a.m. como p.m. en que se concentra mayor cantidad de viajes (horas pico), dando como resultado el día miércoles 31 de Enero de 2024\* con un total de 20,475 vehículos en circulación durante todo el día en ambos sentidos, siendo de 11:30 a.m. a 12:30 p.m. la hora de máxima demanda por la mañana, presentando 1,533 vehículos en dicha hora, y de 14:30 – 15:30 la hora de máxima demanda por la tarde, con un total de 1,641 vehículos en circulación pasados en el punto de aforo (\* se considera como día de máxima demanda por ser un día hábil entre semana, el día de máxima demanda en general se registró el viernes 2 de febrero de 2024, sin embargo, este es inicio de fin de semana, y se considera como un flujo atípico, asimismo, el lunes siguiente 5 de febrero de 2024 fue día de asueto, por lo cual se presenta un incremento en los flujos típicos; este día se tuvo un volumen de 20,697 vehículos, siendo el horario de máxima demanda de 11:15 a.m. – 12:15 p.m. circulando 1,522 vehículos por la mañana y de 16:45 – 17:45 con un volumen de 1,729 vehículos por la tarde).



**Imagen 21** Colocación e instalación de equipos de aforo automáticos en la zona.  
Fuente: Archivos de fotografías de campo

La información obtenida por MetroCount 5600 en dicha intersección arroja un reporte de vehículos, los cuales organiza por horas y días de la semana, en donde se obtuvieron los siguientes datos:

Miércoles, 31 de enero de 2024=10238, Desglose Secundario en Minutos 15

00:00	01:00	02:00	03:00	04:00	05:00	06:00	07:00	08:00	09:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00	20:00	21:00	22:00	23:00
19	27	28	23	33	78	152	473	779	698	745	721	703	794	743	826	756	726	653	455	241	262	242	61
4	1	2	10	12	8	30	53	217	173	203	151	139	175	166	216	177	163	172	128	72	58	58	18
6	2	10	3	5	10	42	82	210	154	180	205	211	197	188	175	230	190	178	115	61	80	69	15
3	16	11	3	7	21	39	141	175	170	169	182	187	232	185	214	176	198	135	119	41	68	65	16
6	8	5	7	9	39	41	197	177	201	193	183	166	190	204	221	173	175	168	93	67	56	50	12

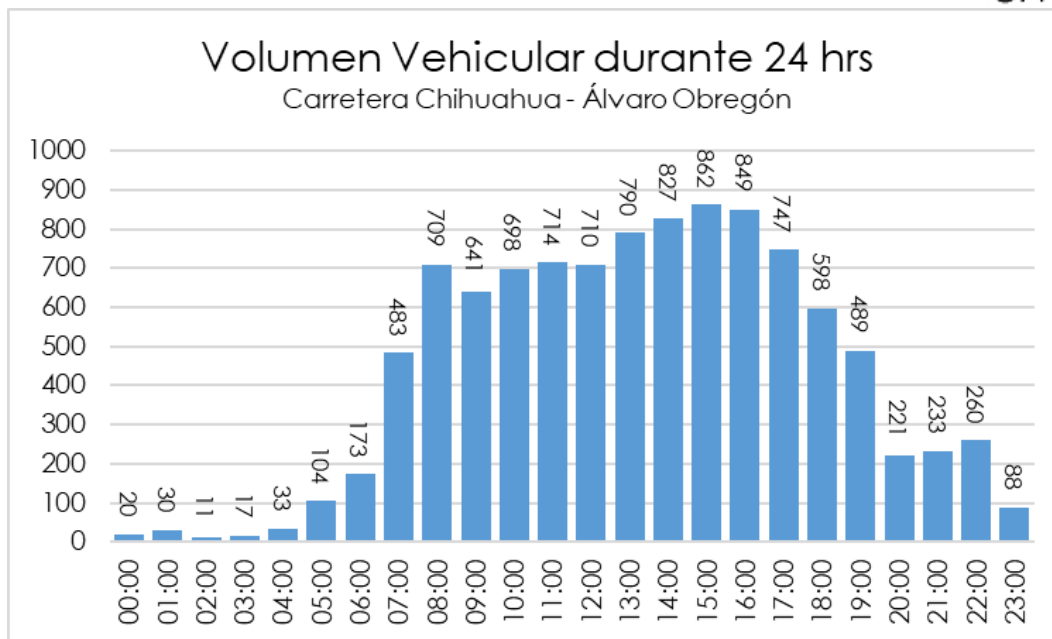
Hora de Máxima Demanda A.M. 0745 - 0845 (799), FHMD A.M.=0.92 Hora de Máxima Demanda P.M. 1530 - 1630 (842), FHMD P.M.=0.91

**Tabla 14.-** Volumen de día de máxima demanda.

AÑO	TDPA
2024	10,238

**Tabla 15.-** TDPA Actual de acuerdo a los aforos seccionales.





**Imagen 22** Grafica de volumen vehicular durante 24 hrs.

CALCULO DE HORA DE MAXIMA DEMANDA	VOLUMENES POR CADA 60 MINUTOS EN LA MAÑANA												VOLUMENES POR CADA 60 MINUTOS EN LA TARDE											
	20	30	11	17	33	104	173	483	709	641	698	714	710	790	827	862	849	747	598	489	221	233	260	88
	38	12	14	23	39	132	190	600	690	637	692	723	730	814	840	835	836	745	586	397	230	230	218	56
	35	12	8	25	53	164	219	716	638	649	748	710	747	800	849	841	822	690	573	323	202	279	165	39
	30	13	8	35	63	184	327	731	647	669	744	717	748	806	877	818	800	649	524	276	207	281	125	28
VOLUMEN MAS ALTO EN 60 MINUTOS A.M.								<b>748</b>				VOLUMEN MAS ALTO EN 60 MINUTOS P.M.								<b>877</b>				

**Imagen 23** Mapa de calor del volumen vehicular por hora.

# ANÁLISIS COSTO BENEFICO

Rehabilitación de la carretera Cuauhtémoc – Álvaro Obregón



Martes, 30 de enero de 2024=9830, Desglose Secundario en Minutos 15																							
00:00	01:00	02:00	03:00	04:00	05:00	06:00	07:00	08:00	09:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00	20:00	21:00	22:00	23:00
28	18	11	11	17	88	168	501	732	714	786	716	750	728	811	777	743	745	615	301	206	173	133	58
7	4	10	3	0	12	30	62	179	193	192	175	221	152	201	191	187	199	167	99	57	35	35	14
13	3	0	3	2	4	43	99	167	183	202	190	165	193	180	196	206	164	152	80	55	34	37	24
4	3	1	2	5	25	49	130	201	169	170	188	153	188	208	206	166	163	167	67	48	51	32	13
4	8	0	3	10	47	46	210	185	169	222	163	211	195	222	184	184	219	129	55	46	53	29	7
Hora de Máxima Demanda A.M. 1000 - 1100 (786), FHMD A.M.=0.89 Hora de Máxima Demanda P.M. 1430 - 1530 (817), FHMD P.M.=0.92																							
Miércoles, 31 de enero de 2024=10238, Desglose Secundario en Minutos 15																							
00:00	01:00	02:00	03:00	04:00	05:00	06:00	07:00	08:00	09:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00	20:00	21:00	22:00	23:00
19	27	28	23	33	78	152	473	779	698	745	721	703	794	743	826	756	726	653	455	241	262	242	61
4	1	2	10	12	8	30	53	217	173	203	151	139	175	166	216	177	163	172	128	72	58	58	18
6	2	10	3	5	10	42	82	210	154	180	205	211	197	188	175	230	190	178	115	61	80	69	15
3	16	11	3	7	21	39	141	175	170	169	182	187	232	185	214	176	198	135	119	41	68	65	16
6	8	5	7	9	39	41	197	177	201	193	183	166	190	204	221	173	175	168	93	67	56	50	12
Hora de Máxima Demanda A.M. 0745 - 0845 (799), FHMD A.M.=0.92 Hora de Máxima Demanda P.M. 1530 - 1630 (842), FHMD P.M.=0.91																							
Jueves, 1 de febrero de 2024=9667, Desglose Secundario en Minutos 15																							
00:00	01:00	02:00	03:00	04:00	05:00	06:00	07:00	08:00	09:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00	20:00	21:00	22:00	23:00
27	11	4	21	30	80	158	497	740	659	642	685	725	770	753	840	778	668	598	344	243	175	161	58
9	6	1	5	2	13	33	72	203	177	160	161	170	206	187	242	200	156	183	108	66	38	43	16
2	4	3	0	3	5	41	87	176	167	159	158	190	178	183	196	198	147	156	111	70	41	54	16
5	1	0	10	9	19	44	139	168	154	171	190	195	196	192	176	187	169	156	74	49	53	34	16
11	0	0	6	16	43	40	199	193	161	152	176	170	190	191	226	193	196	103	51	58	43	30	10
Hora de Máxima Demanda A.M. 0745 - 0845 (746), FHMD A.M.=0.92 Hora de Máxima Demanda P.M. 1500 - 1600 (840), FHMD P.M.=0.87																							
Viernes, 2 de febrero de 2024=10307, Desglose Secundario en Minutos 15																							
00:00	01:00	02:00	03:00	04:00	05:00	06:00	07:00	08:00	09:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00	20:00	21:00	22:00	23:00
20	30	11	17	33	104	173	483	709	641	698	714	710	790	827	862	849	747	598	489	221	233	260	88
3	21	3	6	12	18	46	63	180	161	157	151	160	180	204	217	190	177	175	163	71	80	77	35
10	7	7	1	3	17	49	78	194	142	154	210	197	214	200	209	215	201	146	133	59	31	80	27
5	0	1	1	11	21	41	149	164	173	193	189	196	197	203	231	208	186	145	96	49	54	56	16
2	2	0	9	7	48	37	193	171	165	194	164	157	199	220	205	236	183	132	97	42	68	47	10
Hora de Máxima Demanda A.M. 1030 - 1130 (748), FHMD A.M.=0.89 Hora de Máxima Demanda P.M. 1445 - 1545 (877), FHMD P.M.=0.95																							
Sábado, 3 de febrero de 2024=8393, Desglose Secundario en Minutos 15																							
00:00	01:00	02:00	03:00	04:00	05:00	06:00	07:00	08:00	09:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00	20:00	21:00	22:00	23:00
17	24	18	10	27	84	144	305	510	587	701	724	733	699	668	550	544	438	476	371	274	223	183	83
6	6	3	2	3	11	25	50	136	151	150	174	186	192	150	132	140	117	124	84	74	54	56	21
4	9	9	0	13	15	29	38	107	140	158	161	161	163	155	127	158	104	106	91	65	62	57	18
4	2	3	3	3	24	38	84	131	142	182	195	216	161	167	166	115	116	122	118	60	61	39	20
3	7	3	5	8	34	52	133	136	154	211	194	170	183	196	125	131	101	124	78	75	46	31	24
Hora de Máxima Demanda A.M. 1145 - 1245 (757), FHMD A.M.=0.88 Hora de Máxima Demanda P.M. 1230 - 1330 (741), FHMD P.M.=0.86																							
Domingo, 4 de febrero de 2024=6342, Desglose Secundario en Minutos 15																							
00:00	01:00	02:00	03:00	04:00	05:00	06:00	07:00	08:00	09:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00	20:00	21:00	22:00	23:00
45	18	17	18	10	30	61	80	193	246	336	481	547	473	427	373	436	494	469	396	309	339	454	90
17	4	5	0	7	4	14	10	38	62	42	118	132	128	125	104	98	114	108	106	70	69	115	31
8	8	7	10	2	6	16	18	45	79	51	139	146	111	102	92	102	124	112	108	61	84	103	22
11	3	0	4	1	5	14	24	51	53	120	122	134	133	93	89	99	151	133	93	99	106	140	17
9	3	5	4	0	15	17	28	59	52	123	102	135	101	107	88	137	105	116	89	79	80	96	20
Hora de Máxima Demanda A.M. 1145 - 1245 (514), FHMD A.M.=0.88 Hora de Máxima Demanda P.M. 1200 - 1300 (547), FHMD P.M.=0.94																							
Lunes, 5 de febrero de 2024=9414, Desglose Secundario en Minutos 15																							
00:00	01:00	02:00	03:00	04:00	05:00	06:00	07:00	08:00	09:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00	20:00	21:00	22:00	23:00
24	20	5	14	27	112	156	403	677	712	666	697	702	773	772	704	772	710	598	324	209	169	111	57
9	2	3	1	4	16	25	56	180	143	169	178	202	179	204	183	179	166	163	109	73	37	35	22
2	8	1	3	2	24	24	62	189	191	163	182	147	183	186	186	201	157	148	93	38	37	19	9
6	4	0	10	9	24	50	117	150	198	166	183	182	199	169	179	200	206	144	67	50	43	34	15
7	6	1	0	12	48	57	168	158	180	168	154	171	212	213	156	192	181	143	55	48	52	23	11
Hora de Máxima Demanda A.M. 0915 - 1015 (738), FHMD A.M.=0.93 Hora de Máxima Demanda P.M. 1330 - 1430 (801), FHMD P.M.=0.94																							

Tabla 16.- Registro de aforos de la Carretera Chihuahua – Álvaro Obregón Sentido Sur -Norte

# ANÁLISIS COSTO BENEFICO

Rehabilitación de la carretera Cuauhtémoc – Álvaro Obregón



Lunes, 29 de enero de 2024=8123, Desglose Secundario en Minutos 15																							
00:00	01:00	02:00	03:00	04:00	05:00	06:00	07:00	08:00	09:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00	20:00	21:00	22:00	23:00
74	38	15	10	9	21	303	816	693	3	0	2	735	775	803	827	810	772	614	313	194	157	118	40
16	9	6	0	3	3	24	164	265	2	0	0	154	186	185	222	227	211	195	107	63	42	41	6
18	9	1	3	2	4	37	167	201	1	0	0	228	238	192	198	204	178	150	87	44	37	30	18
24	11	5	3	1	8	71	245	178	0	0	2	184	180	226	221	186	198	126	65	49	37	30	11
16	9	3	4	3	6	171	240	49	0	0	0	169	171	200	186	193	185	143	54	38	41	17	5
Hora de Máxima Demanda A.M. 0730 - 0830 (950), FHMD A.M.=0.90 Hora de Máxima Demanda P.M. 1430 - 1530 (845), FHMD P.M.=0.94																							
Martes, 30 de enero de 2024=9811, Desglose Secundario en Minutos 15																							
00:00	01:00	02:00	03:00	04:00	05:00	06:00	07:00	08:00	09:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00	20:00	21:00	22:00	23:00
28	18	11	11	17	88	168	501	732	714	786	716	750	728	811	777	743	745	615	301	206	173	133	58
7	4	10	3	0	12	30	62	179	193	192	175	221	152	201	191	187	199	167	99	57	35	35	14
13	3	0	3	2	4	43	99	167	183	202	190	165	193	180	196	206	164	152	80	55	34	37	24
4	3	1	2	5	25	49	130	201	169	170	188	153	188	208	206	166	163	167	67	48	51	32	13
4	8	0	3	10	47	46	210	185	169	222	163	211	195	222	184	184	219	129	55	46	53	29	7
Hora de Máxima Demanda A.M. 1000 - 1100 (786), FHMD A.M.=0.89 Hora de Máxima Demanda P.M. 1430 - 1530 (817), FHMD P.M.=0.92																							
Miércoles, 31 de enero de 2024=10215, Desglose Secundario en Minutos 15																							
00:00	01:00	02:00	03:00	04:00	05:00	06:00	07:00	08:00	09:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00	20:00	21:00	22:00	23:00
19	27	28	23	33	78	152	473	779	698	745	721	703	794	743	826	756	726	653	455	241	262	242	61
4	1	2	10	12	8	30	53	217	173	203	151	139	175	166	216	177	163	172	128	72	58	58	18
6	2	10	3	5	10	42	82	210	154	180	205	211	197	188	175	230	190	178	115	61	80	69	15
3	16	11	3	7	21	39	141	175	170	169	182	187	232	185	214	176	198	135	119	41	68	65	16
6	8	5	7	9	39	41	197	177	201	193	183	166	190	204	221	173	175	168	93	67	56	50	12
Hora de Máxima Demanda A.M. 0745 - 0845 (797), FHMD A.M.=0.92 Hora de Máxima Demanda P.M. 1530 - 1630 (841), FHMD P.M.=0.91																							
Jueves, 1 de febrero de 2024=9646, Desglose Secundario en Minutos 15																							
00:00	01:00	02:00	03:00	04:00	05:00	06:00	07:00	08:00	09:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00	20:00	21:00	22:00	23:00
27	11	4	21	30	80	158	497	740	659	642	685	725	770	753	840	778	668	598	344	243	175	161	58
9	6	1	5	2	13	33	72	203	177	160	161	170	206	187	242	200	156	183	108	66	38	43	16
2	4	3	0	3	5	41	87	176	167	159	158	190	178	183	196	198	147	156	111	70	41	54	16
5	1	0	10	9	19	44	139	168	154	171	190	195	196	192	176	187	169	156	74	49	53	34	16
11	0	0	6	16	43	40	199	193	161	152	176	170	190	191	226	193	196	103	51	48	43	30	10
Hora de Máxima Demanda A.M. 0745 - 0845 (746), FHMD A.M.=0.92 Hora de Máxima Demanda P.M. 1500 - 1600 (839), FHMD P.M.=0.87																							
Viernes, 2 de febrero de 2024=10288, Desglose Secundario en Minutos 15																							
00:00	01:00	02:00	03:00	04:00	05:00	06:00	07:00	08:00	09:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00	20:00	21:00	22:00	23:00
20	30	11	17	33	104	173	483	709	641	698	714	710	790	827	862	849	747	598	489	221	233	260	88
3	21	3	6	12	18	46	63	180	161	157	151	160	180	204	217	190	177	175	163	71	80	77	35
10	7	7	1	3	17	49	78	194	142	154	210	197	214	200	209	215	201	146	133	59	31	80	27
5	0	1	11	21	41	149	164	173	193	189	196	197	203	231	208	186	145	96	49	54	56	16	16
2	2	0	9	7	48	37	193	171	165	194	164	157	199	220	205	236	183	132	97	42	68	47	10
Hora de Máxima Demanda A.M. 1030 - 1130 (747), FHMD A.M.=0.89 Hora de Máxima Demanda P.M. 1445 - 1545 (877), FHMD P.M.=0.95																							
Sábado, 3 de febrero de 2024=8373, Desglose Secundario en Minutos 15																							
00:00	01:00	02:00	03:00	04:00	05:00	06:00	07:00	08:00	09:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00	20:00	21:00	22:00	23:00
17	24	18	10	27	84	144	305	510	587	701	724	733	699	668	550	544	438	476	371	274	223	183	83
6	6	3	2	3	11	25	50	136	151	150	174	186	192	150	132	140	117	124	84	74	54	56	21
4	9	9	0	13	15	29	38	107	140	158	161	161	163	155	127	158	104	106	91	65	62	57	18
4	2	3	3	3	24	38	84	131	142	182	195	216	161	167	166	115	116	122	118	60	61	39	20
3	7	3	5	8	34	52	133	136	154	211	194	170	183	196	125	131	101	124	78	75	46	31	24
Hora de Máxima Demanda A.M. 1145 - 1245 (757), FHMD A.M.=0.88 Hora de Máxima Demanda P.M. 1230 - 1330 (740), FHMD P.M.=0.86																							
Domingo, 4 de febrero de 2024=6317, Desglose Secundario en Minutos 15																							
00:00	01:00	02:00	03:00	04:00	05:00	06:00	07:00	08:00	09:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00	20:00	21:00	22:00	23:00
45	18	17	18	10	30	61	80	193	246	336	481	547	473	427	373	436	494	469	396	309	339	454	90
17	4	5	0	7	4	14	10	38	62	42	118	132	128	125	104	98	114	108	106	70	69	115	31
8	8	7	10	2	6	16	18	45	79	51	139	146	111	102	92	102	124	112	108	61	84	103	22
11	3	0	4	1	5	14	24	51	53	120	122	134	133	93	89	99	151	133	93	99	106	140	17
9	3	5	4	0	15	17	28	59	52	123	102	135	101	107	88	137	105	116	89	79	80	96	20
Hora de Máxima Demanda A.M. 1145 - 1245 (512), FHMD A.M.=0.88 Hora de Máxima Demanda P.M. 1200 - 1300 (546), FHMD P.M.=0.94																							

Tabla 17.- Registro de aforos de la Carretera Chihuahua – Álvaro Obregón Sentido Norte - Sur



**Análisis del TDPA**

n	DÍA	TD
1	MARTES	9830
2	MIERCOLES	10238
3	JUEVES	9667
4	VIERNES	10307
5	SÁBADO	8393
6	DOMINGO	6342
7	LUNES	9414
<b>Media/TDPS</b>		<b>9170</b>

Desviación estandar muestral (S)	
TD - TDPS	(TD - TDPS) <sup>2</sup>
660	435600
1068	1140624
497	247009
1137	1292769
-777	603729
-2828	7997584
244	59536
<b>Σ(TD - TDPS)<sup>2</sup></b>	<b>11776851</b>
<b>Σ(TD - TDPS)<sup>2</sup>/n-1</b>	<b>1962808.5</b>
<b>(Σ(TD - TDPS)<sup>2</sup>/n-1)<sup>½</sup></b>	<b>1401</b>

Desviación estandar poblacional estimada σ	
S	1401
n	7
N	365
N-1	364
N-n	358
n <sup>½</sup>	2.64575131
$\frac{S}{\sqrt{n}}$	529.528227
$\sigma = \frac{S}{\sqrt{n}} \left( \sqrt{\frac{N-n}{N-1}} \right)$	525

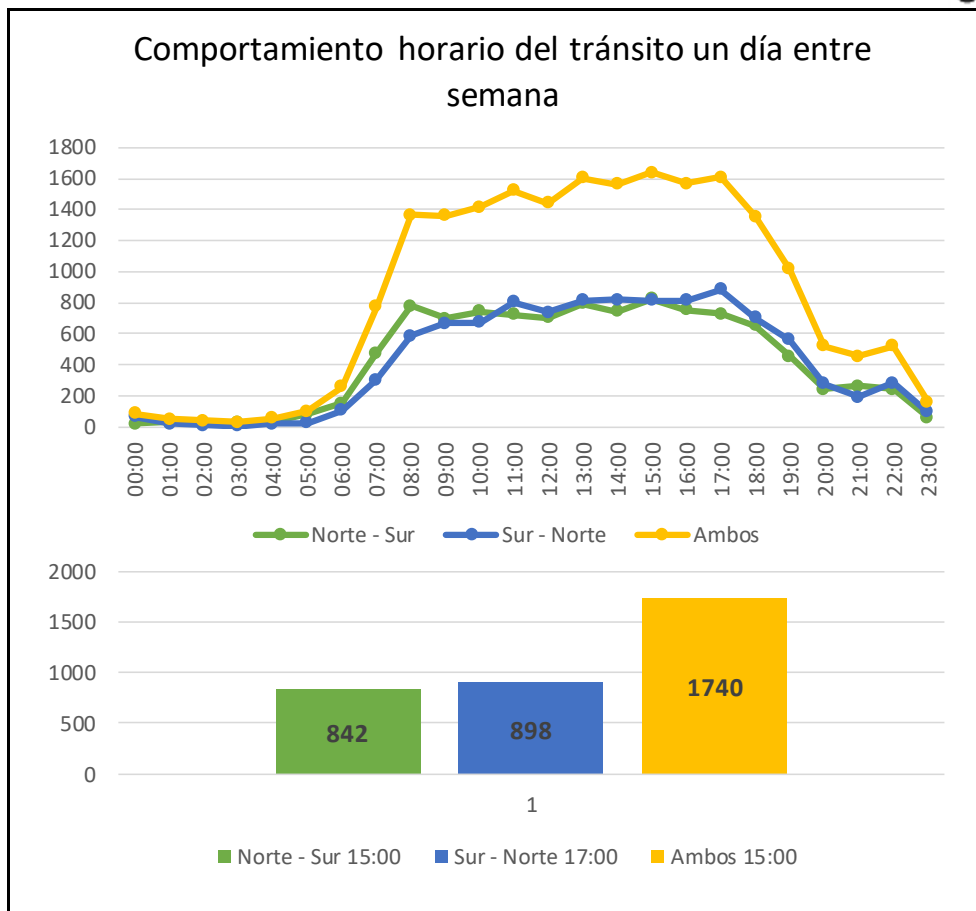
K	1.64
σ	525
TDPS	9170
Kσ	861
<b>TDPA+</b>	<b>10031</b>
<b>TDPA-</b>	<b>8309</b>



La demanda está constituida por los vehículos que circulan por las carreteras actuales. Al número total de vehículos que circulan en promedio al día por un cierto punto de una carretera, se le denomina Tránsito Diario Promedio Anual (TDPA). Dicho conteo por medio de equipos aforadores de mangueras neumáticas nos permiten tener un registro continuo de unidades que pasan sobre la estación de aforo en un periodo de 7 días (o más) durante las 24 horas, De acuerdo a los datos obtenidos por los equipos aforadores, se estima un volumen de Tránsito Diario Promedio Semanal TDPS de 9,170 vehículos, de acuerdo a lo anterior, se calcula una desviación estándar muestral de 1,401 vehículos por día, con este dato se calcula posteriormente una desviación estándar poblacional estimada de 162 vehículos; habiendo obtenido estos datos se determina un valor máximo y un valor mínimo que puede tomar el TDPA, quedando de la siguiente manera

$$8,309 \leq \text{TDPA} \leq 10,031$$

Siendo 10,031 vehículos el valor máximo que puede tomar el TDPA y 8,309 el valor mínimo posible.



**Gráfica 11.-** Comportamiento horario del volumen de máxima demanda un día entre semana.



### Datos viales de la SICT (TDPA)

De acuerdo a los datos viales de la SICT, el crecimiento del TDPA promedio anual es del 7%.

<b>Carretera</b>	Cuauhtémoc- Buenaventura
<b>Clave Carretera</b>	8015
<b>Ruta</b>	CHIH
<b>Punto Generador</b>	T.C. Chihuahua - Madera
<b>Km</b>	0
<b>AÑO</b>	<b>TDPA</b>
2022	12100
2021	11618
2020	10892
2019	12575
2018	11160
2017	10669
2016	9080
2015	8594
2014	8122
2013	8072
2012	8226
2011	8225
2010	5639

**Tabla 18.-** TDPA Histórico de la Carretera Cuauhtémoc – Buenaventura.

### d). Interacción de la Oferta – Demanda

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.

Debido a que no es posible realizar medidas de optimización alternas a la propuesta del PPI en estudio, no se mejora la superficie de rodamiento, por lo tanto, esta seguirá sufriendo daños con lo cual se podrían aumentar la presencia de deformaciones (baches) incrementando el IRI a 6 mm/m lo que generara un decremento en las velocidades de recorrido y por ende un aumento en los Costos de Operación Vehicular.



Para los proyectos y programas de mantenimiento, se considera que el Costo de Operación Vehicular (COV) es la mejor variable que interrelaciona la oferta y demanda, dado que en éste se ve el efecto positivo o negativo que tiene en el usuario una variación del estado superficial del camino, siendo el COV el costo que asume el usuario por circular en una carretera dadas las condiciones físicas de la misma.

TIPO DE VEHÍCULO	ESTADO SUPERFICIAL		
	MUY BUENO	REGULAR	MALO
Vehículo ligero	\$ 5.94	\$ 6.28	\$ 6.73
Autobús	\$ 17.72	\$ 18.40	\$ 19.03
Camión de dos ejes	\$ 11.07	\$ 12.06	\$ 12.95
Camión articulado	\$ 23.49	\$ 25.08	\$ 26.68

Tabla 19.- Costo de operación por tipo de vehículo.

Fuente. - Elaboración propia con datos de los costos de operación base de los vehículos representativos del transporte interurbano 2022 de IMT.

De acuerdo al cálculo del TDPA para la Carretera Cuauhtémoc – Álvaro Obregón para el presente ejercicio se tomará la media de los volúmenes registrados durante la semana en que estuvieron colocados los equipos de aforo automáticos, siendo este valor 9,170, teniendo una distribución de 91.10% vehículos tipo A, 0.80% vehículos tipo B y 8.10% de vehículos tipo C.

COSTOS DE OPERACIÓN SIN PROYECTO

TIPO DE VEHÍCULO	TRAMO	TDPA (VEH)	COSTO DE OPERACIÓN (\$/VEH-KM)	LONGITUD DEL TRAMO (KM)	COSTOS POR DÍA	COSTOS POR AÑO
TIPO A	Norte - Sur	8354	6.280	40.00	\$ 2,098,492.14	\$ 765,949,632.56
	Sur - Norte	8354	6.280	40.00	\$ 2,098,492.14	\$ 765,949,632.56
TIPO B	Norte - Sur	73	18.400	40.00	\$ 53,992.96	\$ 19,707,430.40
	Sur - Norte	73	18.400	40.00	\$ 53,992.96	\$ 19,707,430.40
TIPO C	Norte - Sur	743	25.080	40.00	\$ 745,146.86	\$ 271,978,605.36
	Sur - Norte	743	25.080	40.00	\$ 745,146.86	\$ 271,978,605.36
<b>TOTAL ANUAL</b>						<b>\$ 2,115,271,336.64</b>

Tabla 20.- Costos de Operación Vehicular (COV) sin proyecto.

Fuente. - Elaboración propia con datos de los costos de operación base de los vehículos representativos del transporte interurbano 2022 de IMT.





Conforme a los datos publicados por el Instituto Mexicano del Transporte relativo a los costos de los viajes tanto de placer como por trabajo, y a los datos obtenidos por los equipos de aforo permanentes colocados en la carretera en estudio, así como los resultados de las encuestas origen – destino, se pudo hacer un cálculo del costo por tiempo que se tiene al circular por la Carretera Cuauhtémoc – Álvaro Obregón, mismo que se presenta en la siguiente tabla.

A	B	C= (A*B)/60	D=(C*324) DIAS	VIAJES POR TRABAJO	VIAJES POR PLACER	E= (D*VALOR DEL TIEMPO)
TIEMPO DE VIAJE (min)	DEMANDA (veh/día)	HORAS TOTALES	D=CX324 DIAS	D*0.60	D*0.40	COSTO DE TIEMPO ANUAL
SITUACIÓN SIN PROYECTO						
35	18,340	10698	3,466,260	2,079,756	1,386,504	\$ 193,625,283.60
SITUACIÓN CON PROYECTO						
30	18,340	9170	2,971,080	1,782,648	1,188,432	\$ 165,964,528.80
<b>TOTAL DE AHORRO ANUAL</b>						<b>\$ 27,660,754.80</b>

**Tabla 21.-** Costos por tiempo de traslado.

**Fuente.** - Elaboración propia con datos de los equipos aforadores y costos de viaje por trabajo y placer publicados por el IMT.



**Imagen 24.-** Carr. Cuauhtémoc – Álvaro Obregón (Salida del seccional Álvaro Obregón)

**Fuente:** Archivo de fotografías de campo.



## IV. SITUACIÓN CON EL PPI

### a). Descripción general.

Existen proyectos de infraestructura económica, social y gubernamental, de los que se derivan proyectos de inmuebles, programas de adquisiciones y de mantenimiento, programas de mantenimiento y adquisiciones de protección civil, programas ambientales, estudios de pre inversión y otros.

<b>TIPO DE PPI</b>	
<i>Proyecto de infraestructura económica</i>	<input type="checkbox"/>
<i>Proyecto de infraestructura social</i>	<input checked="" type="checkbox"/>
<i>Proyecto de infraestructura gubernamental</i>	<input type="checkbox"/>
<i>Proyecto de inmuebles</i>	<input type="checkbox"/>
<i>Programa de adquisiciones</i>	<input type="checkbox"/>
<i>Programa de adquisiciones de protección civil</i>	<input type="checkbox"/>
<i>Programa de mantenimiento</i>	<input type="checkbox"/>
<i>Programa de mantenimiento de protección civil</i>	<input type="checkbox"/>
<i>Programa ambiental</i>	<input type="checkbox"/>
<i>Otros proyectos de inversión</i>	<input type="checkbox"/>
<i>Otros programas de inversión</i>	<input type="checkbox"/>

**Tabla 22.- Tipo de PPI.**  
Fuente: Elaboración propia.

El propósito de llevar a cabo este proyecto es que la cabecera municipal de Cuauhtémoc, Chihuahua y el Seccional Álvaro Obregón tienen una fuerte necesidad de comunicación entre sí, dicha comunicación se logra gracias a la Carretera Cuauhtémoc – Álvaro Obregón, misma que es conocida como Corredor Comercial ya que a lo largo de sus 40 kilómetros se encuentra una gran cantidad de establecimientos comerciales de un gran número de ramos, lo que incrementa por mucho el flujo vehicular sobre dicha carretera.

Los problemas detectados para esta vía son los siguientes:

1. Superficie de rodamiento presenta baches, pliegues, agrietamientos, disgregación de finos y hundimientos.
2. Hay tramos de la carretera que presentan señalamiento tanto horizontal como vertical en malas condiciones o inexistentes.



3. Este tramo en estudio presenta un índice de accidentabilidad elevado, toda vez que se tiene registro de 2 accidentes con muertes, 15 accidentes con lesionados y un acumulado de 54 accidentes con daños únicamente materiales, lo que da una suma total de 71 accidentes a lo largo del último año, de acuerdo a información obtenida del INEGI.

La rehabilitación de la Carretera Cuauhtémoc – Álvaro Obregón consiste en el retiro mediante fresado de tramos dañados de carpeta asfáltica para su posterior disposición, sin un procedimiento de recuperación de material asfáltico o pétreo, posteriormente se realizarán trabajos de tendido de nueva carpeta asfáltica de granulometría densa, aunado a ello se consideran trabajos de bacheo superficial en zonas que lo permitan, se contemplan también renivelaciones locales a base de mezcla asfáltica.

Una vez concluidos los trabajos anteriormente mencionados, se procederá a las actividades de reposición de señalamientos horizontales y marcas en el pavimento.

COMPONENTE	TIPO	CANTIDAD	PRINCIPALES CARACTERÍSTICAS
KM 0+000 AL KM 40+000	A4	40.00 km	Fresado, recarpeteo, bacheo, renivelaciones locales, señalamiento y dispositivos de seguridad

*Tabla 23.- Principales características del PPI.*



## b). Alineación estratégica.

Plan o Programa	Objetivos, metas, estrategias, líneas de acción
<p><b>Plan Estatal de Desarrollo 2021-2027</b></p>	<p><b>EJE 3: Ordenamiento Territorial moderno y sustentable.</b></p> <p><b>Vías de comunicación e infraestructura aeroportuaria</b></p> <p><i>Objetivo específico: Contar con vías de comunicación suficientes, adecuadas, de calidad y seguras.</i></p> <p><i>Estrategia: Mejorar y modernizar la infraestructura de las vías de comunicación en el estado..</i></p> <p><b>Líneas de acción:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Modernizar y mejorar el mantenimiento de la Red de carreteras en el Estado en coordinación con la federación y los municipios del Estado.</li> <li>• Mantener en óptimas condiciones los caminos rurales en coordinación con los municipios del Estado.</li> </ul>
<p><b>Programa Sectorial De Comunicaciones Y Transportes 2020-2024</b></p>	<p>La transformación del país hacia un desarrollo equitativo e incluyente depende en gran medida del acceso a un transporte seguro, ágil y oportuno, y a una conectividad eficiente y suficiente, que son base del crecimiento económico al ofrecer los medios para movilizar y controlar todos los bienes e insumos que se requieren para la producción y el consumo, y como detonadores del crecimiento regional. Son, además, los medios de acceso a los servicios de educación, salud y cultura, así como a las fuentes de empleo.</p> <p><b>Objetivo Prioritario 1:</b> "Contribuir al bienestar social mediante la construcción, modernización y conservación de infraestructura carretera accesible, segura, eficiente y sostenible, que se conecte a las personas de cualquier condición, con visión de desarrollo regional e intermodal", a través de las siguientes estrategias y líneas de acción.</p> <p><b>Estrategia prioritaria 1.4</b> Incrementar la cobertura y accesibilidad de las vías de comunicación para impulsar el desarrollo regional y disminuir la marginación.</p> <p><b>Línea de acción 1.4.4</b> Continuar con la construcción y modernización de la Red Carretera Federal.</p>



**Línea de acción 1.4.6** Construir y modernizar la infraestructura carretera para el desarrollo regional.

**Programa Nacional Estratégico De Infraestructura Carretera 2030 (PRONEIC 2030).**

Así también, el presente proyecto forma parte del Programa Nacional Estratégico de Infraestructura Carretera 2030 (ProNEIC 2030), el cual es un documento rector para la planeación a largo plazo de infraestructura carretera orientado a impulsar el desarrollo económico y la competitividad nacional.

**Tabla 24.-** Alineación estratégica del PPI.  
*Fuente: Elaboración propia.*

**c). Localización geográfica.**

El tramo a intervenir se encuentra en el estado de Chihuahua, específicamente en una carretera que forma parte de la red de transporte de tres municipios: Cuauhtémoc, Bachíniva, Namiquipa y Buenaventura. Sin embargo, la sección que requiere intervención está ubicada únicamente en el municipio de Cuauhtémoc.



**Imagen 25** Ubicación regional.

## ANÁLISIS COSTO BENEFICO

Rehabilitación de la carretera Cuauhtémoc – Álvaro Obregón



CADUMA



Imagen 26 Ubicación Municipal

El proyecto se encuentra en la carretera Cd. Cuauhtémoc-Álvaro Obregón, en sentido sur-norte y viceversa, desde el km 0+000 hasta el km 40+000.

**Comienzo: Latitud: 28.441464° Longitud: -106.911832°**

**Termino: Latitud 28.742400° Longitud: -106.907868°**

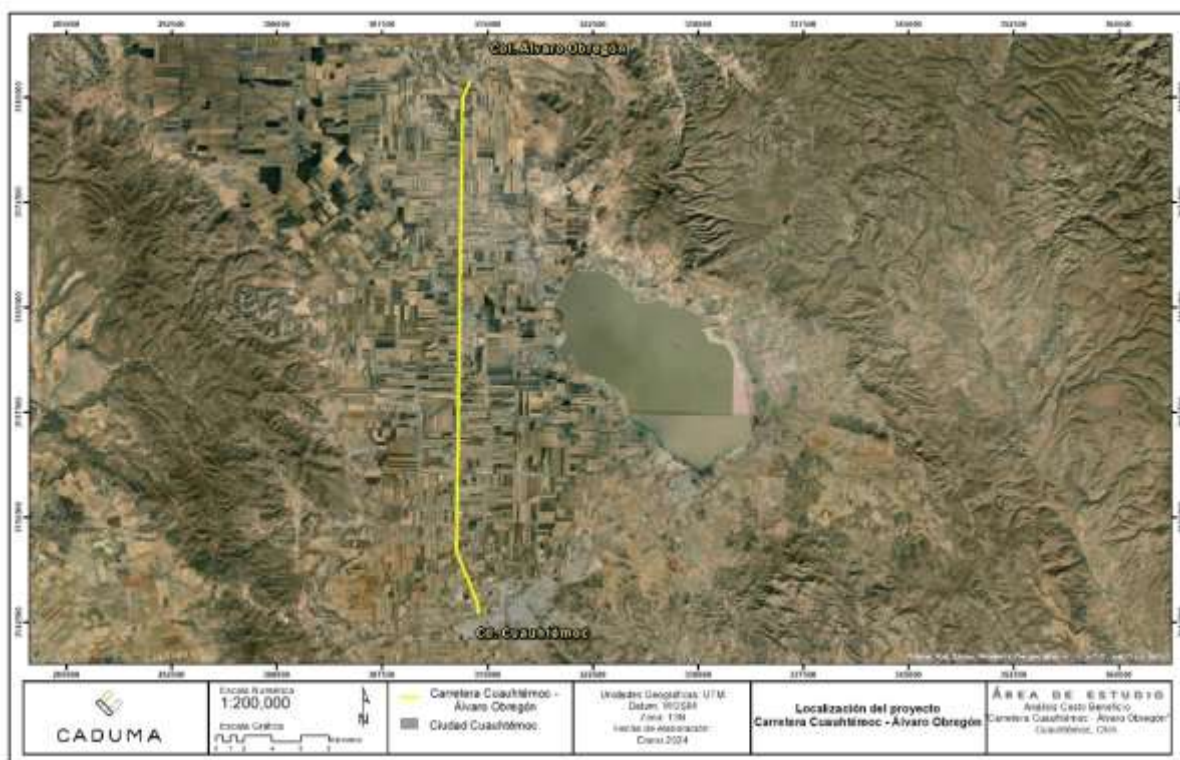


Imagen 27.- Localización geográfica del tramo en estudio.



### d). Calendario de actividades.

CONCEPTO	Mes 01	Mes 02	Mes 03	Mes 04	Mes 05	Mes 06	Mes 07	Mes 08	Mes 09	Mes 10	TOTALES
PAVIMENTOS	4.9%	15.5%	15.7%	18.3%	18.3%	18.3%	9.0%				100.0%
TRABAJOS DE CONSERVACIÓN RUTINARIA		25%	25%	25%	25%						100.0%
TRABAJOS DE CONSERVACIÓN PERIÓDICA	2.92%	5.24%	5.18%	2.90%	3.90%	3.23%	15.33%	20.43%	20.43%	20.43%	100.0%
SEÑALAMIENTO Y DISPOSITIVOS DE SEGURIDAD									49.03%	50.97%	100.0%

Tabla 25.- Calendario de actividades

### e). Monto total de inversión.

<b>N-CTR-CAR-1-04 PAVIMENTOS</b>	
Cemento asfáltico tipo AC-30 utilizado en base estabilizada.	\$ 66,835,838.00
Materiales que requieren trituración parcial por la malla de 38 mm	\$ 14,263,680.00
Operación de mezclado en planta, acarreo, tendido y compactación en la construcción de base estabilizada	\$ 45,202,843.00
Emulsión asfáltica	\$ 5,803,360.00
<b>3.01.03 PAVIMENTACIÓN</b>	
Bacheo superficial aislado en pavimentos asfálticos	\$ 1,126,304.00
Renivelaciones locales en pavimentos asfálticos	\$ 1,038,385.80
Carpeta asfáltica de granulometría densa tendida en caliente	\$ 64,937,501.20
Materiales para carpeta asfáltica con tamaños máximos de 3/4" para renivelaciones	\$ 9,385,053.60
Construcción de carpeta asfáltica de granulometría densa en caliente	\$ 37,816,488.40
<b>CAR-03 TRABAJOS DE CONSERVACIÓN PERIÓDICA</b>	
Fresado de la superficie de rodadura en pavimentos asfálticos, por unidad de obra terminada	\$ 11,465,592.60
<b>N-CTR-CAR-1-07 SEÑALAMIENTO Y DISPOSITIVOS DE SEGURIDAD</b>	
Marcas y/o letras en pavimento	\$ 144,560.00
Raya de 15 cm de ancho.	\$ 2,593,276.00
Con reflejante en dos caras.	\$ 466,894.00
<b>Subtotal</b>	\$ 261,079,776.60
<b>IVA</b>	\$ 41,772,764.26
<b>TOTAL</b>	\$ <b>302,852,540.86</b>

Tabla 26.- Principales costos de trabajo.  
Fuente: Secretaría de Comunicaciones y Obras Públicas.



### f). Fuentes de financiamiento.

FUENTE DE LOS RECURSOS	PROCEDENCIA	MONTO	PORCENTAJE
1. Federales	-	-	-
2. Estatales	Presupuesto de Egresos del Estado	302.85 mdp	100%
3. Municipales	-	-	-
4. Fideicomisos	-	-	-
5. Otros	-	-	-
Total	-	<b>302.85 mdp</b>	<b>100%</b>

Tabla 27.- Fuentes de financiamiento del PPI.

### g). Capacidad instalada.

El criterio empleado para la evaluación técnica de la propuesta se basa en la metodología descrita en el Manual de Capacidad Vial de la SICT. Este enfoque se utiliza para analizar la operación vial de la sección transversal de circulación, centrándose en el análisis de capacidad.

El análisis requiere evaluar el nivel de servicio o la congestión de una sección de calle urbana en función de su capacidad. Para esto, es necesario recopilar información sobre volúmenes de tráfico por hora, tipos de vehículos, cantidad de carriles y otros factores pertinentes. El resultado se representará mediante un indicador que se determina mediante una puntuación, reflejando el estado operativo actual y futuro de la sección de calle, y se relaciona con un nivel de servicio específico. Este proceso se llevará a cabo mediante la siguiente ecuación:

$$(VS) = C * (V/C) * N * (fa) * (fVP) * (fC) * (fT)$$

Donde:

- (VS)**= Volumen del servicio para el nivel de servicio.
- C**= Capacidad ideal de un carril en condiciones ideales (1,900 vhp).
- (V/C)**= Máxima relación de volumen y capacidad asociada al nivel de servicio.
- N**= Número de carriles por sentido.
- fC**= Factor de ajuste por efecto de los conductores. Capacidad de conducción.
- fa**= Factor de ajuste por efecto de ancho de carril y obstáculos laterales.
- fVP**= Factor de ajuste por vehículos pesados.
- fT**= Factor de ajuste de influencia del tipo de carretera.



**Factor de Corrección**

Tipo de Terreno	EC	EB	ER	fVP	fA	fC	fT
Plano	1.70	1.50	1.60	1.00	0.97	0.90	0.90

*Tabla 28.- Factores para calcular la capacidad de la vialidad*

**Análisis de capacidad por sentido**

	Ci	(V/C)	N	fA	fVP	fC	fT	VOLUMEN vph	OBSERVACIONES
VS <sub>A</sub>	1900	-	2	0.97	1.00	0.90	0.90	*	-
VS <sub>B</sub>	1900	0.45	2	0.97	1.00	0.90	0.90	1,344	Diseño
VS <sub>C</sub>	1900	0.61	2	0.97	1.00	0.90	0.90	1,821	Estable
VS <sub>D</sub>	1900	0.8	2	0.97	1.00	0.90	0.90	2,389	-
VS <sub>E</sub>	1900	1	2	0.97	1.00	0.90	0.90	2,986	Capacidad maxima

*Tabla 29.- Capacidad de la Vialidad*

Una vez que el proyecto esté en operación, los usuarios experimentarán beneficios significativos. Aunque no se realizarán modificaciones en las características geométricas de la carretera, se mejorará la velocidad de operación y los niveles de servicio en los tramos involucrados en el proyecto.

n	Año	Nivel de Servicio
0	2024	B
1	2025	B
2	2026	B
3	2027	B
4	2028	B
5	2029	B
6	2030	B
7	2031	B
8	2032	B
9	2033	B
10	2034	B
11	2035	B
12	2036	B
13	2037	C
14	2038	C
15	2039	C

*Tabla 30.- Capacidad instalada del tramo con el PPI.*

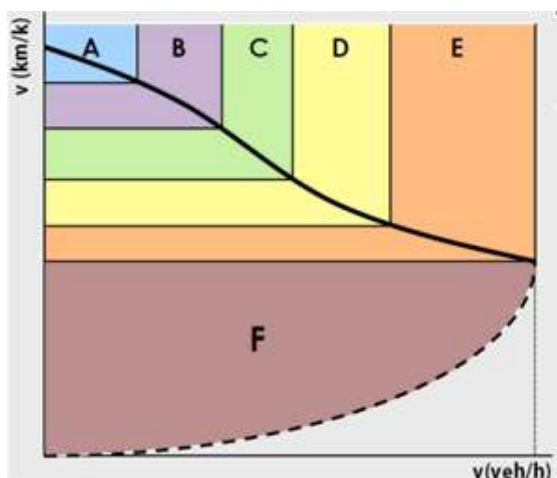
**Fuente:** Elaboración propia.



El nivel de servicio, conocido como LOS (por sus siglas en inglés Level Of Service), se define como una medida de la calidad que la vía ofrece al usuario, (Transportation Research Board, 2000), en las que se definen seis niveles de servicio, estos niveles están ordenados de la A hasta la F, en orden decreciente según su nivel de servicio, y empleados para dos tipos de regímenes, el de flujo continuo y el flujo en intersecciones. En el caso de este proyecto le corresponde el primero.

**Régimen de flujo Continuo**

El régimen continuo de circulación, evalúa la circulación vehicular sin detenciones producidas por intersecciones o semáforos, y el nivel de servicio está en función de la velocidad y volumen, La siguiente figura muestra de manera esquemática esta definición



NIVEL	DEMORA (Seg/Veh)	DESCRIPCIÓN
A	0 – 10	Velocidad de flujo libre en 90%.
B	> 10 – 15	Velocidad de flujo libre en 70%.
C	> 15 – 25	Velocidad de flujo libre en 50%.
D	> 25 – 35	Velocidad de flujo libre en 40%.
E	> 35 – 50	Velocidad de flujo libre en 33%.
F	> 50	Flujo en la calle velocidades muy bajas.

Representación de los niveles de servicio en el diagrama de volumen y velocidad.

Niveles de servicio en el régimen continuo

**LOS A** describe principalmente operaciones de flujo libre a velocidades de viaje promedio, generalmente alrededor del 90 por ciento de la velocidad de flujo libre, km/h conocido como FFS (por sus siglas en inglés Free-Flow Speed, km/h) para la clase de calle dada. Los vehículos están completamente sin obstáculos en su capacidad de maniobrar dentro de la corriente de tráfico, el retardo por los dispositivos de control en las intersecciones señalizadas es mínimo. Los usuarios, considerados en forma individual, están virtualmente exentos de los efectos de la presencia de otros en la circulación. Poseen una altísima libertad para seleccionar sus velocidades deseadas.

**LOS B** describe operaciones razonablemente libres de obstáculos a velocidades de viaje promedio, generalmente alrededor del 70 por ciento de la FFS para la

clase de la calle dada. Existe capacidad de maniobrar dentro del tráfico y la corriente solo está ligeramente restringida, los retrasos de dispositivos de control en las intersecciones señalizadas no son significativos.

**LOS C** describe operaciones estables; sin embargo, la capacidad de maniobrar y cambiar de carril a mitad de cuadra puede estar más restringido que en “LOS B”, las colas son más largas, y pueden existir factores adversos por coordinaciones de los dispositivos de control, o ambos factores pueden contribuir a velocidades de viaje promedio más bajas de alrededor de 50 por ciento de la FFS para la clase de la calle dada.

**LOS D** limita con un rango en el que pequeños aumentos en el flujo pueden causar aumentos en la demora y disminuciones en la velocidad de viaje. “LOS D” puede deberse a un dispositivo de control con progresión adversa, sincronización de señal inapropiada, volúmenes altos o una combinación de estos factores. Las velocidades de viaje promedio son alrededor del 40 por ciento de FFS.

**LOS E** se caracteriza por retrasos significativos y velocidades de viaje promedio del 33 por ciento o menos de la FFS. Tales operaciones son causadas por una combinación de progresión adversa, alta densidad de semáforos, altos volúmenes, extensos retrasos en intersecciones críticas, y temporización de los semáforos.

**LOS F** se caracteriza por el flujo de calles urbanas a velocidades extremadamente bajas, típicamente de un tercio a un cuarto de la FFS. Es probable que haya congestión en las intersecciones en zonas críticas con semáforos, zonas con grandes retrasos, grandes volúmenes y largas colas.

Al realizar la rehabilitación de la carretera, el nivel de servicio se mantendría en nivel **LOS B**, en un periodo de 12 años (2024-2036), lo que significa que los viajes no se ven interrumpidos por congestionamientos, permitiendo velocidades de viaje promedio al 70 por ciento de la velocidad de flujo libre para la clase de calle correspondiente. Lo que permite a los conductores tener la capacidad de maniobrar dentro del tráfico. Los retrasos causados por dispositivos de control en las intersecciones señalizadas no serán significativos.

## h). Metas anuales y totales de producción.

Las metas físicas esperadas con la Rehabilitación de la carretera Cuauhtémoc – Álvaro Obregón son las que se muestran en la siguiente tabla:

COMPONENTES DE INVERSIÓN PÚBLICA	MONTO DE INVERSIÓN	ETAPA	AÑO DE INVERSIÓN
<b>N-CTR-CAR-1-04 PAVIMENTOS</b>			
Cemento asfáltico tipo AC-30 utilizado en base estabilizada.	\$ 66,835,838.00	Única	2024
Materiales que requieren trituración parcial por la malla de 38 mm	\$ 14,263,680.00	Única	2024
Operación de mezclado en planta, acarreo, tendido y compactación en la construcción de base estabilizada	\$ 45,202,843.00	Única	2024
Emulsión asfáltica	\$ 5,803,360.00	Única	2024
<b>3.01.03 PAVIMENTACIÓN</b>			
Bacheo superficial aislado en pavimentos asfálticos	\$ 1,126,304.00	Única	2024
Renivelaciones locales en pavimentos asfálticos	\$ 1,038,385.80	Única	2024
Carpeta asfáltica de granulometría densa tendida en caliente	\$ 64,937,501.20	Única	2024
Materiales para carpeta asfáltica con tamaños máximos de 3/4" para renivelaciones	\$ 9,385,053.60	Única	2024
Construcción de carpeta asfáltica de granulometría densa en caliente	\$ 37,816,488.40	Única	2024
<b>CAR-03 TRABAJOS DE CONSERVACIÓN PERIÓDICA</b>			
Fresado de la superficie de rodadura en pavimentos asfálticos, por unidad de obra terminada	\$ 11,465,592.60	Única	2024
<b>N-CTR-CAR-1-07 SEÑALAMIENTO Y DISPOSITIVOS DE SEGURIDAD</b>			
Marcas y/o letras en pavimento	\$ 144,560.00	Única	2024
Raya de 15 cm de ancho.	\$ 2,593,276.00	Única	2024
Con reflejante en dos caras.	\$ 466,894.00	Única	2024
<b>TOTAL</b>	<b>\$ 302,852,540.86</b>		

Tabla 31.- Metas anuales del PPI.

Fuente: Elaboración propia.

## i). Vida útil.

La vida útil del proyecto es de 15 años que dependerá de las conservaciones periódicas y rutinarias que se hagan oportunamente para que la carretera pueda llegar e incluso sobrepasar la vida útil propuesta.

VIDA ÚTIL DEL PPI	
Vida útil en años	El horizonte de evaluación del proyecto es de 16 años, en tanto que la vida útil del proyecto es por un periodo de 15 años, debido a que el primer año es el tiempo que se lleva la construcción.

Tabla 32.- Metas anuales del PPI.

Fuente: Elaboración propia.

## j). Descripción de los aspectos más relevantes.

### Estudios Técnicos

Para el desarrollo de la nueva carretera, se realizaron los siguientes estudios:

- **Estudio Topográfico.** Tiene por objeto el levantamiento a detalle de todos los elementos existentes, sobre la vía a proyectar, (postes, coladeras, señalización vial y dispositivos de seguridad, estacionamientos en la vía pública, sitios o bases de taxis, paradas de transporte público colectivo, sitios de transferencia modal, pozos de visita, arboles, puentes y obras de drenaje menor existentes, líneas de energía eléctrica, telefónicas, fibra óptica, ductos con sus diámetros, profundidad y fluido que conducen, canales, etc.) que se ubiquen en la zona de estudio, el levantamiento deberá realizarse con equipo especializado y de precisión.
- **Estudio Geotécnico.** Este se realiza para conocer la estratigrafía superficial de la zona en estudio para el diseño de pavimentos y el cálculo de la capacidad de carga del terreno, se realizarán pozos a cielo abierto y sondeos de penetración estándar, distribuidos en los accesos de la zona en estudio. De los pozos se determinará la estratigrafía superficial y los espesores actuales de las capas del pavimento.
- **Estudio de Ingeniería de Tránsito.** Con la finalidad de conocer las características de la red vial, la asignación de tránsito, su proyección futura y con ello determinar, entre otros los espesores de las capas del pavimento, los niveles de servicio y capacidad vial en los diferentes tramos del proyecto, tanto para la situación actual como para el horizonte de proyecto.

### Estudios legales

El Proyecto es jurídicamente viable toda vez que cumple con los términos y condiciones establecidos en la legislación en materia carretera, así como con las normas oficiales mexicanas y demás disposiciones legales aplicables para su desarrollo. El Proyecto se fundamenta en las siguientes disposiciones:

- Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos.
- Ley General de Bienes Nacionales.

- Ley de Vías Generales de Comunicación.
- Ley de Caminos, Puentes y Autotransporte Federal.
- Reglamento Interior de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes.
- Ley Orgánica de la Administración Pública Federal.
- Ley de Asociaciones Público-Privadas y su Reglamento.
- Normas Oficiales Mexicanas.

### **Estudios Ambientales**

No se requieren estudios ambientales para este proyecto debido a que está ubicado en una zona de superficies ya impactadas. Esto significa que el área en cuestión ya ha experimentado alteraciones significativas debido a actividades humanas anteriores. Dado que el proyecto se sitúa en un entorno que ya ha sido modificado, no se espera que tenga un impacto adicional significativo en el medio ambiente circundante. Por lo tanto, no es necesario llevar a cabo dichos estudios.

### **Estudios de mercado**

La rehabilitación de la carretera no conlleva modificaciones significativas en el entorno económico ni demográfico. Además, no se están contemplando nuevos desarrollos de transporte o cambios en los patrones de transporte. Por lo tanto, no se justifica la realización de un estudio de mercado en este contexto.

### **k). Análisis de la oferta.**

El levantamiento de las características físicas permite establecer las condiciones geométricas y operativas de la red. Para conocer los rasgos significativos de las vialidades en estudio, se recabó información documental y se realizaron diversos recorridos sobre la zona de influencia para obtener la siguiente información:

- **Tipo de terreno (plano, lomerío o montañoso).** El tipo de terreno es un factor que puede influir significativamente en las características geométricas de una carretera, por tal motivo la Secretaría de Comunicaciones y Transportes a través de las Normas de Servicios Técnicos para proyecto geométrico, establece tres tipos de terreno de acuerdo con las características topográficas del terreno: plano, lomerío y montañoso. Según el Manual de Capacidad de Carreteras (HCM, por sus siglas en inglés) en su versión última, el tipo de terreno se clasifica según la pendiente en el tramo acorde con los siguientes criterios: Plano  $\leq 2.0$ ,  $2.0 < \text{Lomerío} \leq 4.0$ , Montañoso  $> 4.0$

Para el caso de la carretera Cuauhtémoc – Álvaro Obregón, se determina que el tipo de terreno es plano.

- **Sección transversal (ancho de corona, número de carriles, acotamientos).**

Se identificó el ancho de cada uno de los componentes que integran la sección de la carretera, ancho de corona, ancho y número de carriles, acotamientos, faja separadora, etc, de cada uno de los tramos que integran la Red de Análisis.

La carretera Cuauhtémoc – Álvaro Obregón cuenta con una sección promedio de calzada de 8.20 metros por sentido de circulación y acotamientos laterales intermitentes.



**Imagen 28.-** Sección vial Carretera Cuauhtémoc - Álvaro Obregón (vista aérea)

- **Tipo de pavimento.** La carretera Estatal Cuauhtémoc – Álvaro Obregón se encuentra totalmente constituida por pavimento de tipo asfáltico.

• **Estado del pavimento.** El estado del pavimento representa una importante característica física y operativa de una vía, ya que interviene como un factor en la toma de decisión de un usuario, pues está directamente asociado a la seguridad y velocidad que se puede desarrollar, es decir, un pavimento en buen estado permite a los usuarios conducir a una velocidad constante, sin contratiempos, y ofrece mayor seguridad en caso de requerir detener un vehículo por un imprevisto.

En su mayoría, y como origen del PPI, se determina que el estado actual de la superficie de rodamiento de la Carretera Cuauhtémoc Álvaro Obregón se encuentra en mal estado y estado regular, presentando baches, pliegues, agrietamientos, disgregación de finos y hundimientos.

CARACTERÍSTICAS	DATOS
Cadenamiento	0+000 al 40+000
Coordenadas de inicio	28.402046°, -106.895283°
Coordenadas de fin	28.752681°, -106.907265°
Longitud (km)	40.0
Tipo de Carretera	A4S
Número de Carriles	4
Tipo de terreno	Plano
Tipo de Superficie	Asfalto
IRI	6.27
Estado de la carpeta	No Satisfactorio
Carril (m)	3.5
Acotamiento (m)	0
Carril de retorno	No
Cuneta separación	Sí
Sección transversal (m)	17.00 – 20.00
Señalización horizontal	Aceptable
Señalización vertical	Aceptable
Aforo vehicular TPDA	1,291
Composición vehicular	
<b>A</b> = auto	A= 91.10%
<b>B</b> = Bus	B=00.80%
<b>CU</b> = camión unitario	CU= 05.40%
<b>CA</b> = camión articulado	CA= 02.40%
<b>Otros</b>	Otros= 00.3%

Tabla 33.- Características principales carretera Cuauhtémoc - Álvaro Obregón.



## I). Análisis de la demanda.

Para este caso, la demanda se considera igual que en la Situación Sin Proyecto por las siguientes razones:

1. No existen carreteras sustitutas que permitan circular en el mismo origen-destino. Por lo tanto, no habrá tránsito desviado debido a la reducción del CGV.
2. No habrá tránsito generado debido a que el mejoramiento de la seguridad vial y el ahorro en el CGV es marginal en comparación al CGV total.

## m). Interacción Oferta-Demanda.

Una vez que se ejecuta el proyecto se estimarán los costos generalizados de viaje antes del proyecto y bajo las nuevas condiciones de infraestructura. Para ello es necesario calcular la velocidad promedio por tipo de vehículo, el aforo vehicular y las características físicas y geométricas de la carretera.

Las velocidades promedio se obtuvieron con base en estudios previos de evaluación de carreteras con características similares. Los resultados se muestran en la siguiente tabla.

TIPO DE VEHÍCULO	AMBOS SENTIDOS
Vehículo ligero	110
Autobús	100
Camión unitario	90
Camión articulado	90

**Tabla 34.-** Velocidad promedio de circulación (km/hr) de la carretera situada entre Cd. Cuauhtémoc - Álvaro Obregón, Situación Con Proyecto.

## IV. EVALUACIÓN DEL PPI

### a). Identificación, Cuantificación y Valoración de los Costos del Proyecto.

#### Costos directos del PPI

En este proyecto se identifican los costos de inversión y mantenimiento, los cuales se cuantifican y valoran respecto de los precios generales de mercado, de mano de obra y materiales que se manejan en la zona de trabajo para cada una de las tareas mencionadas.

El estado actual de la carretera resalta la necesidad de llevar a cabo las actividades esenciales para su conservación menor. Esta tarea implica una serie de acciones destinadas a preservar adecuadamente la infraestructura vial. Entre las labores necesarias se incluyen la reparación de baches, la reposición de señalización, el mantenimiento de barreras de contención, la limpieza de cunetas y drenajes, así como el cuidado y mantenimiento de los puentes y estructuras.



**Imagen 29.-** Tramos de la carretera que requieren conservación menor actualmente.

El propósito de incluir el riego de sello en el mantenimiento es incrementar la protección de la carretera contra la oxidación, la formación de grietas y el desgaste ocasionado por el tráfico. Además, puede mejorar la adherencia de los neumáticos a la superficie de la carretera, lo que disminuye el riesgo de accidentes y aumenta la comodidad del viaje para los usuarios.



*Imagen 30.- Zonas agrietadas en la Carretera (Piel de cocodrilo) a falta de riego de sello.*

La consideración de una sobrecarpeta tiene como objetivo mejorar la resistencia y durabilidad de la carretera, además de proporcionar una superficie más suave y uniforme para los usuarios.

Cada una de las actividades planificadas para el mantenimiento busca extender la vida útil de la carretera y reducir la necesidad de reparaciones costosas en el futuro.

## **b). Identificación, cuantificación y valoración de los costos y beneficios del PPI.**

### Etapa de ejecución

El periodo de inversión se establece como propuesta de la planeación de la ejecución de la obra. De acuerdo con las características del proyecto y sus necesidades, a la zona de obra, así como a la logística establecida para su ejecución, se programa el periodo de ejecución en 1 año, al final del cual estará en condiciones de operar el tramo para satisfacer la demanda de flujo vehicular.

COMPONENTES DE INVERSIÓN PÚBLICA	MONTO DE INVERSIÓN	ETAPA	AÑO DE INVERSIÓN
<b>N-CTR-CAR-1-04 PAVIMENTOS</b>			
Cemento asfáltico tipo AC-30 utilizado en base estabilizada.	\$ 66,835,838.00	Única	2024
Materiales que requieren trituración parcial por la malla de 38 mm	\$ 14,263,680.00	Única	2024
Operación de mezclado en planta, acarreo, tendido y compactación en la construcción de base estabilizada	\$ 45,202,843.00	Única	2024
Emulsión asfáltica	\$ 5,803,360.00	Única	2024
<b>3.01.03 PAVIMENTACIÓN</b>			
Bacheo superficial aislado en pavimentos asfálticos	\$ 1,126,304.00	Única	2024
Renivelaciones locales en pavimentos asfálticos	\$ 1,038,385.80	Única	2024
Carpeta asfáltica de granulometría densa tendida en caliente	\$ 64,937,501.20	Única	2024
Materiales para carpeta asfáltica con tamaños máximos de 3/4" para renivelaciones	\$ 9,385,053.60	Única	2024
Construcción de carpeta asfáltica de granulometría densa en caliente	\$ 37,816,488.40	Única	2024
<b>CAR-03 TRABAJOS DE CONSERVACIÓN PERIÓDICA</b>			
Fresado de la superficie de rodadura en pavimentos asfálticos, por unidad de obra terminada	\$ 11,465,592.60	Única	2024
<b>N-CTR-CAR-1-07 SEÑALAMIENTO Y DISPOSITIVOS DE SEGURIDAD</b>			
Marcas y/o letras en pavimento	\$ 144,560.00	Única	2024
Raya de 15 cm de ancho.	\$ 2,593,276.00	Única	2024
Con reflejante en dos caras.	\$ 466,894.00	Única	2024
<b>TOTAL</b>	<b>\$ 302,852,540.86</b>		

Tabla 35.- Inversión, plazo y etapa en que se realizará cada una de ellas.

### Costos por tiempo de recorrido

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.

De acuerdo con el IMT, las estimaciones del valor del tiempo por hora en el ámbito nacional de los pasajeros que viajan por motivo de trabajo son de \$66.50 y por motivo de placer es de \$39.90 pesos por hora (para el caso del Estado de Chihuahua).

Con base en información obtenida por la SCT en encuestas origen-destino, se considera que en promedio un 60% de los pasajeros viaja con motivo de trabajo y un 40% con motivo de placer, por lo cual, se determinó el Costo por tiempos de recorrido de la siguiente manera.

A	B	C= (A*B)/60	D=(C*324) DIAS	VIAJES POR TRABAJO	VIAJES POR PLACER	E= (D*VALOR DEL TIEMPO)
TIEMPO DE VIAJE (min)	DEMANDA (veh/día)	HORAS TOTALES	D=CX324 DIAS	D*0.60	D*0.40	COSTO DE TIEMPO ANUAL
SITUACIÓN SIN PROYECTO						
35	18,340	10698	3,466,260	2,079,756	1,386,504	\$ 193,625,283.60
SITUACIÓN CON PROYECTO						
30	18,340	9170	2,971,080	1,782,648	1,188,432	\$ 165,964,528.80
<b>TOTAL DE AHORRO ANUAL</b>						<b>\$ 27,660,754.80</b>

Tabla 36.- Costos por tiempo de recorrido

### Costos por molestias

Dado que el tránsito del proyecto tiene un alto componente local y la construcción se realizará sobre la carretera existente, se identifican afectaciones por molestias en el proceso de construcción, lo que generará molestias a los usuarios cuantificando y valorando en el año de inversión.

Se consideran costos por molestias por las actividades propias de los procesos de construcción principalmente en los movimientos de terracerías, pavimentos, obras inducidas, camellones y señalamientos. La circulación en periodos de construcción en algunos momentos generará interrupciones parciales, reducción de la sección del camino, además de que, a causa de la presencia del personal, materiales y equipo para la construcción, se presentará el fenómeno de fricción lateral, lo cual limita la velocidad de operación del usuario.

La reducción de velocidad se refleja en un incremento de los tiempos de recorrido y costos de operación vehicular (COV), estos sobrecostos se considerarán como costos por molestias. A continuación, se muestra una tabla comparativa de la situación sin proyecto y la situación que prevalecería en la etapa de ejecución.

En los procesos de construcción de la obra, es importante implementar señalamientos preventivos e informativos que indiquen a los vehículos que existe tramo en construcción en la zona de obras, por cuestiones de seguridad se instalarán mallas de protección para limitar la zona y se implementarán dispositivos de seguridad para los automovilistas provocando disminución de velocidad con la finalidad de evitar accidentes de los trabajadores de la obra y

de los vehículos que transitan por la zona. Estas acciones están consideradas dentro del costo del proyecto.

### Beneficios directos del PPI

El beneficio directo identificado en este proyecto, es el mejoramiento de la seguridad vial y con ello la reducción de los costos por accidentes de los usuarios que transitan por el proyecto. Para calcularlo, se realiza la diferencia entre la Situación Sin Proyecto y Situación Con Proyecto.

COSTOS DE OPERACIÓN SIN PROYECTO						
TIPO DE VEHÍCULO	TRAMO	TDPA (VEH)	COSTO DE OPERACIÓN (\$/VEH-KM)	LONGITUD DEL TRAMO (KM)	COSTOS POR DÍA	COSTOS POR AÑO
TIPO A	Norte - Sur	8354	6.280	40.00	\$ 2,098,492.14	\$ 765,949,632.56
	Sur - Norte	8354	6.280	40.00	\$ 2,098,492.14	\$ 765,949,632.56
TIPO B	Norte - Sur	73	18.400	40.00	\$ 53,992.96	\$ 19,707,430.40
	Sur - Norte	73	18.400	40.00	\$ 53,992.96	\$ 19,707,430.40
TIPO C	Norte - Sur	743	25.080	40.00	\$ 745,146.86	\$ 271,978,605.36
	Sur - Norte	743	25.080	40.00	\$ 745,146.86	\$ 271,978,605.36
<b>TOTAL ANUAL</b>						<b>\$ 2,115,271,336.64</b>

Tabla 37.- Costos de operación sin proyecto por año.

COSTOS DE OPERACIÓN CON PROYECTO						
TIPO DE VEHÍCULO	TRAMO	TDPA (VEH)	COSTO DE OPERACIÓN (\$/VEH-KM)	LONGITUD DEL TRAMO (KM)	COSTOS POR DÍA	COSTOS POR AÑO
TIPO A	Norte - Sur	8354	5.940	40.00	\$ 1,984,879.51	\$ 724,481,021.88
	Sur - Norte	8354	5.940	40.00	\$ 1,984,879.51	\$ 724,481,021.88
TIPO B	Norte - Sur	73	17.720	40.00	\$ 51,997.57	\$ 18,979,112.32
	Sur - Norte	73	17.720	40.00	\$ 51,997.57	\$ 18,979,112.32
TIPO C	Norte - Sur	743	23.490	40.00	\$ 697,906.69	\$ 254,735,942.58
	Sur - Norte	743	23.490	40.00	\$ 697,906.69	\$ 254,735,942.58
<b>TOTAL ANUAL</b>						<b>\$ 1,996,392,153.56</b>

Tabla 38.- Costos de operación con proyecto por año.

Como se puede observar, existe un ahorro anual por la ejecución del proyecto de la Carretera Cuauhtémoc – Álvaro Obregón del orden de \$146.54 millones de pesos.

	COV	TVIAJE	GASTOS OPERATIVOS
<b>SIN PROYECTO</b>	\$ 2,115,271,336.64	\$ 193,625,283.60	\$ 2,308,896,620.24
<b>CON PROYECTO</b>	\$ 1,996,392,153.56	\$ 165,964,528.80	\$ 2,162,356,682.36

**\$ 146,539,937.88**

Tabla 39.- Total de beneficios anuales, Carretera - Cuauhtémoc - Álvaro Obregón.

### c). Cálculo de los indicadores de rentabilidad.

AÑO	INVERSION	BENEFICIOS	BENEFICIOS ADICIONALES	BENEFICIO NETO	FLUJO EN CAJA	TRI	COSTOS	FLUJO EN CAJA	(1+r) <sup>x</sup>
0	\$ 261,079,776.60			\$ 261,079,776.60	\$ 261,079,776.60			-\$ 261,079,776.60	1.0000
1	\$ 273,533,281.95	\$ 307,032,309.60	\$ 3,918,103.45	\$ 29,580,924.20	\$ 307,032,309.60	12.2%	\$ 273,533,281.95	\$ 307,032,309.60	1.1000
2	\$ 286,580,819.50	\$ 453,572,247.48	\$ 3,918,103.45	\$ 163,073,324.53	\$ 146,539,937.88	58.3%	\$ -	\$ 146,539,937.88	1.2100
3	\$ 300,250,724.59	\$ 600,112,185.36	\$ 3,918,103.45	\$ 295,943,357.32	\$ 146,539,937.88	99.9%	\$ -	\$ 146,539,937.88	1.3310
4	\$ 314,572,684.15	\$ 746,652,123.24	\$ 3,918,103.45	\$ 428,161,335.64	\$ 146,539,937.88	137.4%	\$ -	\$ 146,539,937.88	1.4641
5	\$ 329,577,801.18	\$ 893,192,061.12	\$ 3,918,103.45	\$ 559,696,156.48	\$ 146,539,937.88	171.0%	\$ -	\$ 146,539,937.88	1.6105
6	\$ 345,298,662.30	\$ 1,039,731,999.00	\$ 3,918,103.45	\$ 690,515,233.25	\$ 146,539,937.88	201.1%	\$ -	\$ 146,539,937.88	1.7716
7	\$ 361,769,408.49	\$ 1,186,271,936.88	\$ 3,918,103.45	\$ 820,584,424.94	\$ 146,539,937.88	227.9%	\$ -	\$ 146,539,937.88	1.9487
8	\$ 379,025,809.28	\$ 1,332,811,874.76	\$ 3,918,103.45	\$ 949,867,962.03	\$ 146,539,937.88	251.6%	\$ -	\$ 146,539,937.88	2.1436
9	\$ 397,105,340.38	\$ 1,479,351,812.64	\$ 3,918,103.45	\$ 1,078,328,368.81	\$ 146,539,937.88	272.5%	\$ -	\$ 146,539,937.88	2.3579
10	\$ 416,047,265.11	\$ 1,625,891,750.52	\$ 3,918,103.45	\$ 1,203,314,312.99	\$ 146,539,937.88	290.8%	\$ -	\$ 146,539,937.88	2.5937
11	\$ 435,892,719.66	\$ 1,772,431,688.40	\$ 3,918,103.45	\$ 1,332,620,865.29	\$ 146,539,937.88	306.6%	\$ -	\$ 146,539,937.88	2.8531
12	\$ 456,684,802.39	\$ 1,918,971,626.28	\$ 3,918,103.45	\$ 1,458,368,720.44	\$ 146,539,937.88	320.2%	\$ -	\$ 146,539,937.88	3.1384
13	\$ 478,468,667.46	\$ 2,065,511,564.16	\$ 3,918,103.45	\$ 1,583,124,793.24	\$ 146,539,937.88	331.7%	\$ -	\$ 146,539,937.88	3.4523
14	\$ 501,291,622.90	\$ 2,212,051,502.04	\$ 3,918,103.45	\$ 1,706,841,775.69	\$ 146,539,937.88	341.3%	\$ -	\$ 146,539,937.88	3.7975
15	\$ 525,203,233.31	\$ 2,358,591,439.92	\$ 3,918,103.45	\$ 1,829,470,103.15	\$ 146,539,937.88	349.1%	\$ -	\$ 146,539,937.88	4.1772

Tabla 40.- Corrida financiera para obtener indicadores de rentabilidad.

- **El Valor Presente Neto (VPN)** tiene un valor equivalente a **\$908'560,725.33**, el cual, de acuerdo con los parámetros establecidos en apartado anterior, cumple con los requisitos para que un proyecto sea factible.
- **La Tasa Interna de Retorno (TIR) Social** es igual a **77.90%**, la tasa de descuento mínima es de 10%, por lo tanto, se determina que el proyecto es rentable en términos del valor de la TIR.
- **La relación Beneficio/Costo Social** aloja un resultado equivalente a **3.48** y de acuerdo a los parámetros establecidos anteriormente para que el proyecto sea factible el valor de la relación beneficio costos tiene que tener un valor mínimo de 1, ya que de caso contrario el proyecto generaría pérdidas.
- **La Tasa de Retorno Inmediata** al primer año es igual a **12.25%**.

<b>TIR</b>	<b>77.90%</b>
<b>VPN</b>	<b>\$908,560,725.33</b>
<b>RELACION B/C</b>	<b>3.48</b>
<b>TRI</b>	<b>12.25%</b>

Tabla 41.- Indicadores de rentabilidad del PPI

### d). Análisis de sensibilidad.

Con el propósito de identificar los efectos que ocasionaría la modificación de las variables relevantes sobre los indicadores de rentabilidad del proyecto, se efectuaron análisis de sensibilidad. Para ello se consideraron 3 variables que se consideraron como las más relevantes para este tipo de proyectos, que son:

**Inversión inicial.** - Se refiere al costo de construcción del proyecto, es indudable la importancia de esta variable en un análisis costo beneficio, dado que con un

incremento en ella podría dejar de ser rentable el proyecto, por lo que el análisis de sensibilidad a la inversión nos permitirá identificar hasta qué costo de inversión seguiría siendo rentable.

**Costos de mantenimiento.** - Los costos de mantenimiento lo conforman el segundo grupo de costos para el análisis costo-beneficio, considerando este grupo se tendría entonces analizada la sensibilidad del proyecto a los costos que incurriría el proyecto durante el horizonte de análisis, de ahí la importancia de considerarlo.

**Demanda del proyecto.** - Todo proyecto de inversión económica está dirigido a la satisfacción de una demanda, asimismo la demanda y su comportamiento en el período de análisis es un valor estimado que conlleva un cierto grado de incertidumbre, por lo que es necesario ver qué pasaría con la rentabilidad del proyecto si la demanda aumenta o disminuye, a fin de tomar las decisiones adecuadas en el tamaño óptimo del mismo o la posibilidad de postergarlo.

El análisis de sensibilidad demuestra que la realización de trabajos de rehabilitación en el corredor comercial Cd. Cuauhtémoc – Álvaro Obregón en, es un proyecto que soporta incrementos en el costo de inversión. El hecho de soportar una disminución en su demanda lo hace aceptable, dado que es una vialidad existente que mejoraría sus condiciones de operación por lo que, en ese caso, es sumamente difícil que disminuya su volumen de tránsito, además de que al fin de efectuar un análisis conservador no se consideraron tránsitos atraídos o generados por su nueva condición.

Sobre los indicadores de rentabilidad socioeconómica, se efectuó el análisis de sensibilidad correspondiente. Lo anterior a fin de obtener los puntos de inflexión ante los cuales el proyecto deja de ser rentable ( $VPN=0$ ).



VARIACIÓN	VPN		TIR	TRI
	(MDP, 2022)			
1.5	\$	789.93	43.95%	-25.20%
1.4	\$	813.66	48.74%	-19.80%
1.3	\$	837.39	54.27%	-13.70%
1.2	\$	861.13	60.76%	-6.50%
1.1	\$	884.86	68.50%	2.00%
1.0	\$	908.60	77.00%	12.25%
0.9	\$	932.33	89.57%	24.70%
0.8	\$	956.07	104.40%	40.30%
0.7	\$	979.80	123.80%	60.40%
0.6	\$	1,003.54	150.12%	87.10%
0.5	\$	1,027.27	187.56%	124.50%

Tabla 42.- Análisis de Sensibilidad al monto de inversión.

VARIACIÓN	VPN		TIR	TRI
	(MDP, 2022)			
1.5	\$	1,481.51	131.64%	68.40%
1.4	\$	1,366.92	120.67%	57.10%
1.3	\$	1,252.33	109.79%	45.90%
1.2	\$	1,137.74	99.03%	34.70%
1.1	\$	1,023.15	88.39%	23.50%
1.0	\$	908.60	77.90%	12.25%
0.9	\$	793.97	67.57%	1.00%
0.8	\$	679.38	57.38%	-10.20%
0.7	\$	564.79	47.30%	-21.40%
0.6	\$	450.20	37.21%	-32.70%
0.5	\$	335.61	26.78%	-43.90%

Tabla 43.- Análisis de Sensibilidad a la demanda (TDPA).

## e). Análisis de riesgos.

Riesgo	Descripción	Etapa	Probabilidad	Consecuencia	Medida de Mitigación
<b>Económico o Financiero</b>	Disponibilidad de la totalidad de recursos presupuestales para concluir la obra en el tiempo previsto.	Previo a Licitación	Baja	La limitación para realizar la ejecución del proyecto de remediación con los efectos, ambientales, urbanos y económicos correspondientes	Gestión, sensibilización y seguimiento a la solicitud de recursos.
	Escasez, o fluctuación de precios en materiales	Ejecución de la obra	Baja	Retraso en el cumplimiento del programa de obra establecido.  Incapacidad económica o financiera del contratista para ejecutar las obras.	Revisión de los precios unitarios que sean presentados por los participantes en función de los precios vigentes de insumos y materiales.  Establecer capacidades y especificaciones necesarias que deben tener los participantes en el proceso de licitación y que permita seleccionar a empresas con la capacidad económica y técnica necesaria para la ejecución del proyecto.

Riesgo	Descripción	Etapa	Probabilidad	Consecuencia	Medida de Mitigación
<b>Técnico</b>	Falta de capacidad empresas para realizar el proyecto	Ejecución de la obra	Baja	Retraso en el cumplimiento del programa de obra establecido. Reducción en la calidad de los trabajos por ejecutar.	Establecer capacidades y especificaciones necesarias que deben tener los participantes en el proceso de licitación que permita seleccionar a empresas con la capacidad económica y técnica necesaria para la ejecución del proyecto.
	Errores de diseño o conceptos no contemplados en el proyecto.	Ejecución de obra	Baja	Aumento en los costos de proyecto. Retraso en el cumplimiento de los plazos establecidos.	
<b>Ambientales</b>	Manejo inadecuado del suelo o residuos, así como su inadecuada disposición.	Ejecución de la obra	Media	Contaminación de suelo, agua o aire por dispersión o depósito en sitios no aprobados.	Establecer un programa adecuado de supervisión por parte de las Autoridades contratantes, así como aquellos entes encargados del seguimiento.
<b>Social</b>	Rechazo social por la ejecución de obras.	Ejecución de obra	Baja	Denuncias ambientales. Manifestaciones de vecinos u organizaciones en contra del proyecto.	Difundir y sensibilizar a la población aledaña a la zona con los beneficios del proyecto. Disponibilidad de información de proyecto en medios digitales oficiales.

Tabla 44.- Análisis de riesgos asociados al PPI.

## VI.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Con la realización del proyecto de la rehabilitación de la Carretera Cuauhtémoc – Álvaro Obregón en sentido norte-sur y viceversa se cumple con el propósito de hacer más seguro y eficiente el movimiento de bienes y personas a través de la red de carreteras

Con la realización de este proyecto la operación del tránsito se verá beneficiada en los siguientes aspectos:

- Aumentar las velocidades de operación.
- Reducir los tiempos de recorrido.
- Reducir los costos de operación de los diferentes tipos de vehículos.
- Ofrecer comodidad y seguridad para los usuarios.
- Disminuir el riesgo de accidentes.
- Mejorar los niveles de servicio.
- Reducir la contaminación ambiental por gases y por ruido.

En el presente estudio se estimó que el proyecto generará beneficios que en **Valor Presente Neto (VPN)** equivalen a **\$908'560,725.33** de pesos, obteniendo una **Tasa Interna de Retorno (TIR)** de **77.90%**, la cual es mayor a la Tasa Social de Descuento del 10%, además de una **Tasa de Rentabilidad Inmediata (TRI)** del **12.25%**.

Por lo que los indicadores de rentabilidad obtenidos muestran que es un proyecto rentable desde el punto de vista económico y social y se recomienda la ejecución del proyecto en los tiempos y con los alcances previstos.

De acuerdo a los resultados de rentabilidad de este documento y a los elementos cualitativos atribuibles al proyecto, se recomienda la construcción del proyecto propuesto.

Los insumos importantes para la evaluación económica del proyecto son los costos de operación vehicular y los montos de inversión correspondientes a la situación con y sin proyecto. Los costos de operación vehicular se refieren a los de los usuarios de la infraestructura y a los asociados con el valor del tiempo de los pasajeros, en las condiciones con y sin proyecto. Aun cuando es posible

considerar otros costos exógenos asociados con los accidentes, con el ruido y con la degradación del medio ambiente, no existen datos cuantitativos confiables para hacerlo, por lo que no se han incluido en la evaluación que se presenta en este documento.

Derivado de los beneficios inherentes a la ejecución y operación del proyecto objeto del presente análisis, se prevé un mayor intercambio comercial con el resto de la entidad, ya que los usuarios de la carretera reducirán los costos de operación generando ahorros en los tiempos de traslado.

Se cumple con todas las factibilidades técnica, legal, ambiental y económica para poder realizar el proyecto.