

ANÁLISIS COSTO-BENEFICIO DE LOS TRABAJOS DE REHABILITACIÓN DE LA CARRETERA ÁLVARO OBREGÓN - SOTO MAYNEZ DEL KM 49+600 AL KM 112+400, EN TRAMOS PARCIALES.



CHIHUAHUA, CHIH. A 20 DE FEBRERO DE 2024

Contenido

I.	RESUMEN EJECUTIVO	3
II.	SITUACIÓN ACTUAL DEL PROYECTO DE INVERSIÓN	10
	A) DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL	10
	B) ANÁLISIS DE LA OFERTA EXISTENTE	11
	C) ANÁLISIS DE LA DEMANDA ACTUAL	12
	D) INTERACCIÓN DE LA OFERTA-DEMANDA.....	18
III.	SITUACIÓN SIN EL DEL PROYECTO DE INVERSIÓN	24
	A) OPTIMIZACIONES	24
	B) ANÁLISIS DE LA OFERTA	25
	C) ANÁLISIS DE LA DEMANDA	25
	D) DIAGNÓSTICO DE LA INTERACCIÓN OFERTA-DEMANDA.....	27
	E) ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN.....	29
IV.	SITUACIÓN CON EL PROYECTO DE INVERSIÓN.....	34
	A) DESCRIPCIÓN GENERAL.....	34
	B) ALINEACIÓN ESTRATÉGICA	36
	C) LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA	38
	D) CALENDARIO DE ACTIVIDADES	39
	E) MONTO TOTAL DE INVERSIÓN	39
	F) FUENTES DE FINANCIAMIENTO	40
	G) CAPACIDAD INSTALADA.....	40
	H) METAS ANUALES Y TOTALES DE PRODUCCIÓN	42
	I) VIDA ÚTIL	43
	J) DESCRIPCIÓN DE LOS ASPECTOS MÁS RELEVANTES.....	43
	K) ANÁLISIS DE LA OFERTA	44
	L) ANÁLISIS DE LA DEMANDA.....	45
	M) INTERACCIÓN OFERTA-DEMANDA.....	46
V.	EVALUACIÓN DEL PROYECTO DE INVERSIÓN	49
	A) IDENTIFICACIÓN, CUANTIFICACIÓN Y VALORACIÓN DE COSTOS DEL PROYECTO DE INVERSIÓN.	49
	B) IDENTIFICACIÓN, CUANTIFICACIÓN Y VALORACIÓN DE LOS BENEFICIOS DEL PROYECTO DE INVERSIÓN.....	50
	C) CÁLCULO DE LOS INDICADORES DE RENTABILIDAD.....	50
	D) ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD	56
	E) ANÁLISIS DE RIESGOS	58
VI.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	60
VII.	ANEXOS.....	62
VIII.	BIBLIOGRAFÍA	70

I. Resumen Ejecutivo

LOCALIZACIÓN, MONTO DE INVERSIÓN, OBJETIVO, PROBLEMÁTICA Y DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO DE INVERSIÓN

Nombre del Proyecto de Inversión

Trabajos de Rehabilitación de la Carretera Álvaro Obregón – Soto Máynez en su tramo del Km 49+600 al Km 112+400.

Localización del Proyecto de Inversión

La Carretera Álvaro Obregón – Soto Máynez en su tramo del Km 49+600, tiene su origen en el municipio de Cuauhtémoc, Chih., y concluye en el Km 112+400 en la localidad de Soto Máynez, municipio de Namiquipa, Chih., se localiza en las siguientes coordenadas geográficas:

- Km 49+600: Latitud: **28°46'31.91"N** y Longitud: **107° 0'31.01"O**
- Km 112+400: Latitud: **29° 1'54.96"N** y Longitud: **107°27'44.19"O**

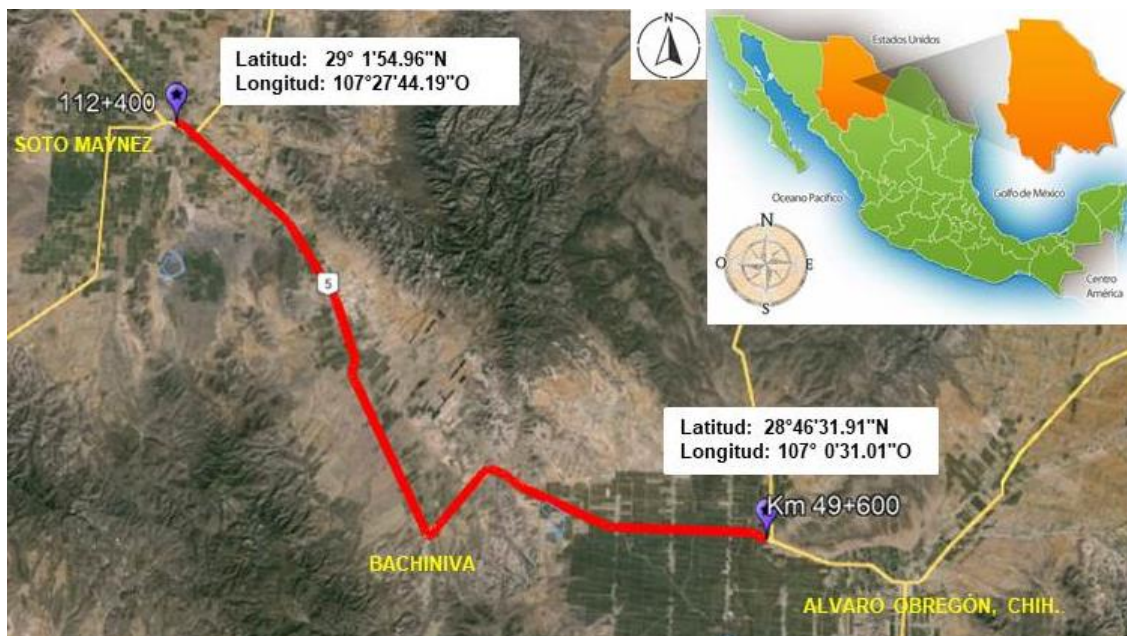


Figura No. 1. Localización geográfica del proyecto objeto de estudio
(Fuente: Elaboración propia)

Monto de la Inversión del Proyecto

El monto total de inversión del proyecto asciende a \$ 186'850,000.00 con IVA incluido. Este monto se ejercerá en el año 2024 y sus principales componentes son: Terracerías, Pavimentos, Conservación y señalamientos, en la Tabla No.1 se muestra la distribución de la inversión en los componentes del proyecto.

Tabla No. 1. Monto de la Inversión del Proyecto en estudio (Fuente: Elaboración propia)

COMPONENTE	MONTO INVERSIÓN
TERRACERÍAS	\$ 60,235,083.00
PAVIMENTOS	\$ 96,358,259.21
CONSERVACIÓN	\$ 2,364,000.00
SEÑ. Y DIS. DE SEG.	\$ 2,120,244.00
SUB-TOTAL	\$ 161,077,586.21
16% I.V.A.	\$ 25,772,413.79
TOTAL	\$ 186,850,000.00

Objetivo del Proyecto de Inversión

El objetivo de la Rehabilitación de la Carretera Álvaro Obregón – Soto Máynez en su tramo del Km 49+600 al Km 112+400, es dar solución a la problemática que se presenta en esta vía de comunicación, que es la reducción en el Costo Generalizado de Viaje (CGV).

Problemática identificada

La problemática que se ha identificado en la carretera Álvaro Obregón – Soto Máynez, es de que se están presentado **Altos Costos Generalizados de Viaje** (CGV = 1,032.8 MDPA), esto debido al grado de deterioro que presenta la superficie del pavimento (IRI = 4.693), originando con esta situación Altos Costos de Operación Vehicular (COV = 742.4 MDPA), repercutiendo en bajas velocidades de los vehículos e incrementando con ello los Costos de los Tiempos de Recorrido (CTR = 290.6 MDPA) de los pasajeros, afectando con ello directamente la economía de la población de esta región del estado de Chihuahua, por lo que es la problemática que claramente se pretende resolver con la implementación de este proyecto, **reducir al mínimo el Costos Generalizados de Viaje (CGV).**

Breve descripción del Proyecto de Inversión

El proyecto de la Rehabilitación de la carretera Álvaro Obregón – Soto Máynez en su tramo del Km 49+600 al Km 112+400, es un **Proyecto de Infraestructura Económica**. El proyecto contempla trabajos de rehabilitación que se realizarán en una longitud de 43 kilómetros en tramos parciales de la carretera Álvaro Obregón – Soto Máynez, los cuales serán a diferentes niveles, según el grado de deterioro que presente la estructura del camino.

Se reconstruirán tramos hasta nivel de terracerías, cortando la totalidad de la estructura existente del camino, para lo cual se reconstruirá mediante la formación de una primera capa de material no compactable, sobre esta se construirá una capa subrasante y base hidráulica, para posteriormente impregnarla y tender una carpeta asfáltica de 6.0 cm de espesor; Para rehabilitar los tramos a nivel carpeta que no presente agrietamiento, se realizará primeramente un fresado de la capa de pavimento existente en un espesor de 6.0 cm en todo el ancho de corona, se continuará con los trabajos de renivelación y bacheo superficial en tramos aislados, posteriormente se tenderá una carpeta asfáltica de 6.0 cm de espesor; en las zonas que la carpeta asfáltica presente agrietamiento moderado, se realizarán trabajos de bacheo y renivelaciones en tramos aislados, para posteriormente instalar una geomembrana, sobre la cual se colocará una carpeta de concreto asfáltico de 5.0 cm de espesor, para finalmente, después de terminar los trabajos de rehabilitación, se aplicará la pintura del señalamiento horizontal en los tramos reconstruidos del camino.

HORIZONTE DE EVALUACIÓN, COSTOS Y BENEFICIOS DEL PROYECTO DE INVERSIÓN

Horizonte de Proyecto de Inversión

Se estima que la vida útil del Proyecto de inversión denominado “TRABAJOS DE REHABILITACIÓN DE LA CARRETERA ÁLVARO OBREGÓN - SOTO MAYNEZ DEL KM 49+600 AL KM 112+400” tendrá una vida útil de 10 años, por lo que el horizonte de la evaluación es de 11 años, debido a que el primer año es el tiempo que se llevará la ejecución de los trabajos.

Costos del Proyecto de Inversión

Los costos que se consideraran para el Análisis Costo Beneficio Simplificado (ACBS) de este proyecto son: el monto de la inversión inicial para realizar el proyecto de inversión, consistentes en los trabajos de rehabilitación del pavimento con un monto de \$ 161,077,586.21 sin IVA incluido; el costo por molestia, los costos de mantenimiento y conservación para la situación con proyecto, que corresponden a lo siguiente:

- I. Costos por molestia, que son los que se originan por la construcción de los desvíos en el proceso de la ejecución del proyecto, referentes al incremento en el Costo del Tiempo de Recorrido (CTR) de los pasajeros dentro de los vehículos, ya que se reducen las velocidades.
- II. Costos de la Conservación Rutinario, que incluye básicamente la limpieza general y reparación de pequeños desperfectos de la superficie de rodamiento del tramo, como son bacheos y renivelaciones en tramos aislados, en forma anual, desde el inicio de las operaciones del proyecto hasta terminar su vida útil;
- III. Costos de conservación periódica, que incluye bacheo y renivelación general, además de la colocación de una sobre carpeta asfáltica a la mitad de su vida útil, al 5^{to} año.

Tabla No. 2. Costos de Inversión y Mantenimiento del proyecto

COSTOS DEL PROYECTO	MONTOS (\$)
Inversión inicial (2024)	\$ 161,077,586.21 (Sin IVA)
Costos por molestia (2024)	\$ 51,282,237.25 (Sin IVA)
Conservación Rutinaria (Anual)	\$ 5,675,431.00 (Sin IVA)
Sobre carpeta al 5to año (mitad vida útil)	\$ 32,606,781.00 (Sin IVA)

Fuente: Elaboración propia

Beneficios del Proyecto de Inversión

El beneficio directo identificado, por el desarrollo de este proyecto, son los ahorros que se obtienen en la reducción del Costo Generalizado de Viaje (CGV) de los vehículos y personas que transitan por la carretera en estudio. Para el

calcularlo, se realizó la diferencia entre la Situación sin Proyecto y con Proyecto, del costo generalizado de viaje (CGV), para cada uno de los años de la vida útil del proyecto, estos ahorros antes mencionados, se pueden apreciar en la Tabla No. 3.

Tabla No. 3. Beneficios Anuales generados por el proyecto de inversión

t	AÑO	AHORROS O BENEFICIOS DIRECTOS		
		CGV SIN PROYECTO	CGV CON PROYECTO	AHORROS EN CGV
0	2024	\$ 1,033,389,857.71	\$ 980,310,795.57	\$ 53,079,062.14
1	2025	\$ 1,096,426,639.03	\$ 1,040,109,754.10	\$ 56,316,884.93
2	2026	\$ 1,163,308,664.01	\$ 1,103,556,449.10	\$ 59,752,214.91
3	2027	\$ 1,234,270,492.51	\$ 1,170,873,392.49	\$ 63,397,100.02
4	2028	\$ 1,309,560,992.55	\$ 1,242,296,669.43	\$ 67,264,323.12
5	2029	\$ 1,389,444,213.10	\$ 1,318,076,766.27	\$ 71,367,446.83
6	2030	\$ 1,474,200,310.10	\$ 1,398,479,449.01	\$ 75,720,861.09
7	2031	\$ 1,564,126,529.01	\$ 1,483,786,695.40	\$ 80,339,833.61
8	2032	\$ 1,659,538,247.28	\$ 1,574,297,683.82	\$ 85,240,563.46
9	2033	\$ 1,760,770,080.37	\$ 1,670,329,842.53	\$ 90,440,237.84
10	2034	\$ 1,868,177,055.27	\$ 1,772,219,962.93	\$ 95,957,092.34

Fuente: Elaboración propia

INDICADORES DE RENTABILIDAD DEL PROYECTO DE INVERSIÓN

Para evaluar la factibilidad económica de este proyecto se utilizaron los indicadores de rentabilidad recomendados por los LINEAMIENTOS para la elaboración y presentación de los análisis costo y beneficio de los programas y proyectos de inversión, publicados en el Diario Oficial de la Federación, el lunes 30 de diciembre de 2013, los cuales fueron:

- I. Valor Presente Neto (VPN),
- II. Relación Beneficio - Costo (B/C),
- III. Tasa Interna de Retorno (TIR) y
- IV. Tasa de Rentabilidad Inmediata (TRI)

Para realizar los cálculos de los indicadores de rentabilidad, se realizó el flujo de los flujos de capital del proyecto a lo largo del horizonte de proyecto, es decir, Costos totales los costos del proyecto, como son, el Costo de la Inversión Inicial, Costos por molestias, Los Costos de mantenimiento y los Beneficios generados por el desarrollo del proyecto, que fueron determinados como los ahorros en el Costo Generalizado de Viaje (CGV).

En la Siguiete tabla se resumen los indicadores analizados en este apartado del estudio, resultando de la Evaluación Económica del Proyecto de Inversión, por lo que se puede concluir que, el desarrollo del proyecto planteado **es rentable desde el punto de vista Económico y Social**, ya que el Valor Presente Neto (VPN) es de \$ 170,073,160.90 el cual es mayor a cero, lo que indica que el proyecto es rentable factible. La relación Beneficio – Costo (B/C) es de 1.64 mayor a uno, lo que indica que el proyecto es rentable. La Tasa Interna de Retorno (TIR) es de 24.55 %, mayor a la Tasa Social de Descuento (TSD) que es del 10 %, el proyecto es rentable y por último la Tasa de Rentabilidad Inmediata (TRI) es de 23.85 %, mayor a la Tasa Social de Descuento (TSD) que es del 10 %, lo que indica que es el momento óptimo de realizar la inversión del proyecto.

Tabla No. 4. Indicadores de rentabilidad generados por el proyecto de inversión

INDICADORES DE RENTABILIDAD	
INDICADOR	VALOR
Valor Presente Neto (VPN)	\$ 170,073,160.90
Relación Beneficio – Costo (B/C)	1.64
Tasa interna de retorno (TIR)	24.55 %
Tasa de Rentabilidad Inmediata (TRI)	23.85 %

Fuente: Elaboración propia

CONCLUSIÓN

De acuerdo con la evolución desarrollada en el presente documento, sobre la Rehabilitación de los trabajos de Rehabilitación de la Carretera Álvaro Obregón – Soto Máynez en su tramo del Km 49+600 al Km 112+400, el desarrollo del proyecto soluciona completamente la problemática presentada. Con la ejecución del proyecto de inversión, se reduce considerablemente el Costo Generalizado de Viaje (CGV), beneficiando directamente a los usuarios de esta vía, incrementando la velocidad promedio de operación de los vehículos y por consiguiente la reducción del Costo de Tiempo de Recorrido (CTR) anual de los pasajeros que viajan en los vehículos, además de reducir el Costo de Operación Vehicular (COV).

Con la Rehabilitación de la carretera Álvaro Obregón – Soto Máynez en su tramo del Km 49+600 al Km 112+400, se verán beneficiados los habitantes de esta

región del estado de Chihuahua, mejorando sustancialmente las condiciones de operación de esta vía de comunicación.

Los principales beneficios que se tendrán con la Rehabilitación de esta obra son:

- Aumento en las velocidades de operación de los diferentes tipos de usuarios.
- Reducción en los Costos de Tiempos de Recorrido.
- Reducción en los Costos de Operación de los diferentes tipos de vehículos.
- Reducción en el Costo Generalizado de Viaje (CGV).
- Disminución en los niveles de contaminación auditiva y del aire.
- Operación más segura para los usuarios, al reducirse significativamente la posibilidad de accidentes.
- Mejora del nivel de servicio.

Además de considerar que este proyecto de rehabilitación vial, es económicamente rentable, ya que el Valor Presente Neto (VPN) es de \$ 170,073,160.90 el cual es mayor a cero, lo que indica que el proyecto es rentable factible. La relación Beneficio – Costo (B/C) es de 1.64 mayor a uno, lo que indica que el proyecto es rentable. La Tasa Interna de Retorno (TIR) es de 24.55 %, mayor a la Tasa Social de Descuento (TSD) que es del 10 %, el proyecto es rentable y por último la Tasa de Rentabilidad Inmediata (TRI) es de 23.85 %, mayor a la Tasa Social de Descuento (TSD) que es del 10 %, lo que indica que es el momento óptimo de realizar la inversión del proyecto. Por lo expuesto anteriormente se puede concluir que el Proyecto de Inversión es factible desde el punto de vista económico y social.

De acuerdo con los Indicadores de Rentabilidad obtenidos en el presente estudio, **se recomienda la realización del Proyecto de Inversión**, ya que todos los indicadores de rentabilidad son positivos.

II. Situación Actual del Proyecto de inversión

a) Diagnóstico de la Situación Actual

La carretera Álvaro Obregón – Soto Máynez es una vía de comunicación a cargo del Gobierno del estado de Chihuahua, designada como la carretera No. 5, se localiza en el noroeste del estado, la longitud total de este tramo carretero es de 72.4 kilómetros, tiene su origen en el Km 40+000 en la comunidad de Álvaro Obregón, perteneciente al municipio de Cuauhtémoc, Chih., comunicando a la población de Bachíniva, Chih., cabecera municipal del mismo nombre, y concluye en el Km 112+400 en la localidad de Soto Máynez, perteneciente al municipio de Namiquipa, Chih.

Esta carretera se localiza en una de las regiones agrícolas y ganaderas más importantes del estado, lo que hace que esta vía de comunicación juegue un papel trascendental en el desarrollo económico de esta región. La carretera Álvaro Obregón – Soto Máynez en su tramo del Km 49+600 al Km 112+400 se clasifica como un camino tipo D, pavimentado a base de una carpeta asfáltica, cuenta con obras de drenaje, señalamiento y un derecho de vía perfectamente definido.



Figura No. 2. Vista del grado de deterioro que presenta el pavimento Km 53+000



Figura No. 3. Vista del grado de deterioro que presenta el pavimento Km 75+000

Actualmente la superficie de pavimento de la carretera Álvaro Obregón – Soto Máynez en su tramo del Km 49+600 al Km 112+400 presenta tramos con un grado de deterioro correspondiente a un IRI de 4.693 (de regular a malo) en gran parte del tramo, lo que afecta directamente a los usuarios, originando con esta situación un Alto Costo de Operación Vehicular (COV), lo cual afecta directamente a la población, repercutiendo en bajas velocidades de traslados de los vehículos, incrementando con ello los Costos de Tiempos de Recorrido (CTR), ambas situaciones en conjunto originan un Alto Costo Generalizado de viaje (CGV) en los usuarios, repercutiendo directamente la economía de la población de la región.

b) Análisis de la Oferta Existente

La carretera Álvaro Obregón – Soto Máynez en su tramo del Km 49+600 al Km 112+400 tiene una longitud total de 62.8 kilómetros y está constituida por un cuerpo con ancho de corona de 7.0 m sin acotamientos, en donde se alojan dos carriles de circulación, uno por sentido, el camino se localiza sobre un terreno del tipo plano. El tipo de superficie de rodamiento es a base de un pavimento de concreto asfáltico. Las características físicas y geométricas del camino en estudio fueron recabadas en el trabajo de campo y se presentan en la tabla siguiente:

Tabla No. 5. Características físicas y geométricas de la carretera de la situación actual

CONCEPTO	TRAMO DEL KM 49+600 AL KM 112+400
Longitud Tramo (Km)	62.8
Tipo de carretera	D
Tipo de terreno	Plano
Número de carriles	2
Ancho de carril (m)	3.5
Franja Central (m)	No cuenta
Ancho de Calzada (m)	7.0
Ancho de Corona (m)	7.0
Acotamiento	No cuenta
Superficie de Rodamiento	Pavimento asfáltico
Índice de Regularidad Promedio (IRI)	4.693
Estado físico del pavimento	De regular a malo

Fuente: Elaboración propia con base a las características geométricas de la vía obtenidas en campo.

c) Análisis de la Demanda Actual

Para la estimación y clasificación del aforo vehicular, es decir la demanda de la situación actual, se determinó de la información obtenida de la colocación de equipos de aforo automático, los cuales se instalaron en el Km 55 del tramo en estudio, mismo que permanecieron por un periodo de 7 días, del 28 de noviembre al 5 de diciembre de 2023, con la finalidad de recabar datos de volumen, velocidades y composición vehicular en la zona.

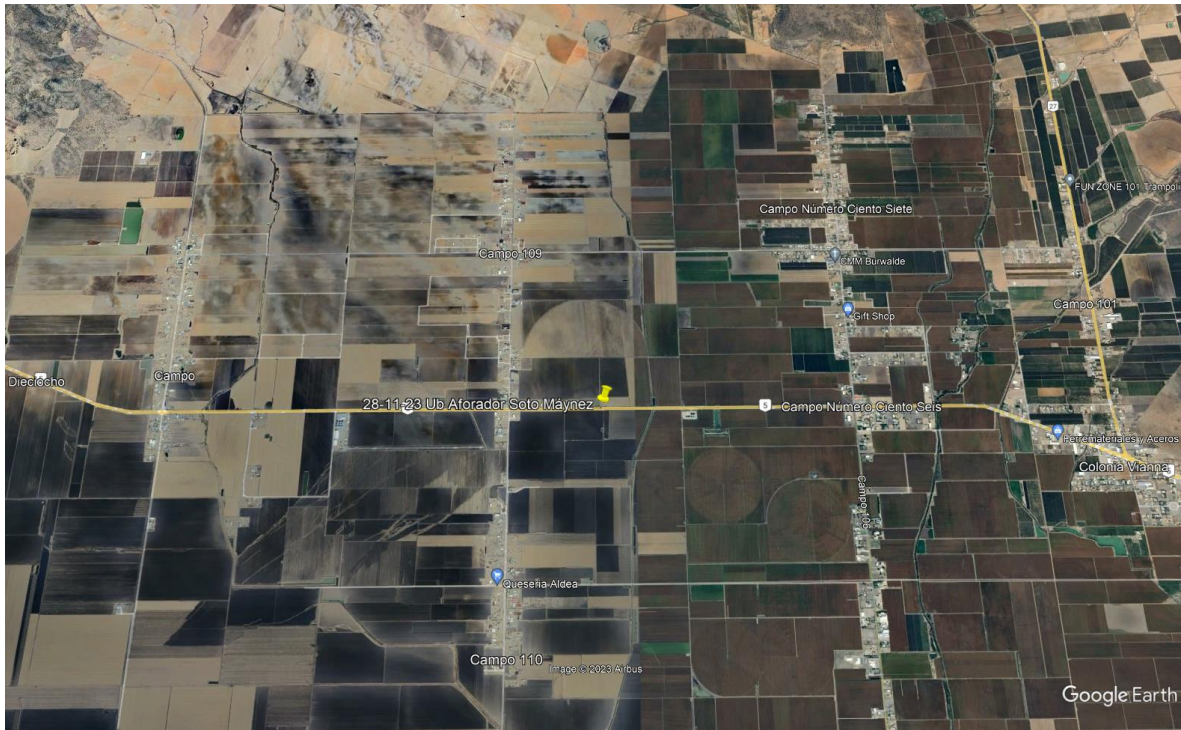


Figura No. 4. Ubicación geográfica del punto de aforo (Fuente: Elaboración propia)



Figura No. 5. Ubicación del punto de aforo Km 55 del tramo en estudio (Fuente: Elaboración propia)

Tabla No. 6. Resultados de aforos del Km 55 (Fuente: Elaboración propia con aforos propios)

TRÁFICO DIARIO PROMEDIO

TIPO DE VEHÍCULOS	DE LUNES A VIERNES		FIN DE SEMANA		TOTALES	
Vehículos Ligeros (A)	3102	91%	3072	95%	3094	92%
Camiones de Carga (C)	290	9%	156	5%	252	8%
	3,393		3,233		3,347	

Del análisis de los datos recabados en los aforos se puede concluir que el Tránsito Diario Promedio Anual (TDPA) de este tramo es de 3,347 veh./día, con una composición del tráfico de 92 % de vehículos tipo A y un 8 % de vehículos tipo C o camiones de carga.

Para calcular la Tasa de Crecimiento Anual del Tráfico Vehicular (r), se utilizaron datos viales de las estimaciones de tránsito diario promedio anual (TDPA), publicadas por la Secretaría de Infraestructura Comunicaciones y Transportes (SICT) para los años 2010 a 2023, en la estación de aforo del Km 42 de la carretera Álvaro Obregón - Soto Máynez en sentido directo.

Tabla No. 7. Datos Viales de la carretera Álvaro Obregón - Soto Máynez estación Km 42 SICT (Fuente: Datos viales SICT)

DATOS		
No.	AÑO	TDPA
1	2010	2672
2	2011	3039
3	2012	3156
4	2013	3468
5	2014	3468
6	2015	3642
7	2016	4061
8	2017	3919
9	2018	3386
10	2019	3529
11	2020	3497
12	2021	3296
13	2022	3695

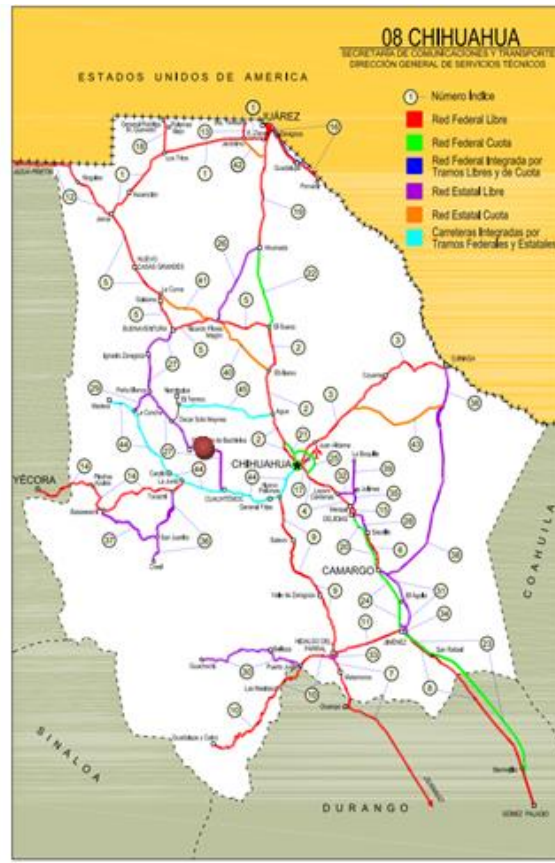


Figura No. 6. Ubicación de estación de Aforo Km 42 (Fuente: Datos viales SICT)

Con los datos viales de tránsito diario promedio anual (TDPA) del año 2010 hasta el año 2018, que se muestran en la Tabla No. 7, se grafican estos y se realiza un ajuste de tendencia lineal. Los volúmenes de TDPA partir del año 2018 se descarta debido a la disminución de movilidad atribuido principalmente que en ese año fue el comienzo de por la pandemia de Covid, ya para el año 2022 se recupera la tendencia

De la Figura No. 7, se observa que la línea ajustada a los datos viales tiene un coeficiente de correlación (R) de 0.93, el cual es excelente, por lo anterior, se está en la posibilidad de calcular el volumen de tránsito diario promedio anual (TDPA) basándose en la siguiente ecuación:

$$TDPA = 182.11X - 2608.6$$

Dónde:

X = año de aforo, siendo 2010 el No.1

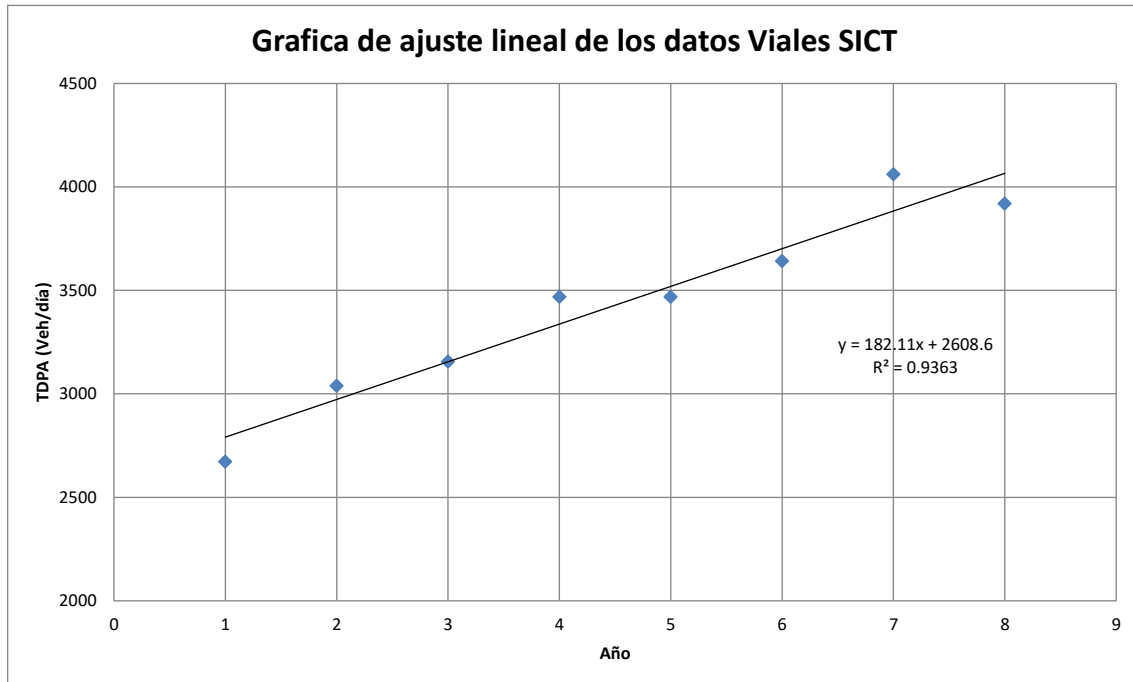


Figura No. 7. Gráfica de ajuste de datos viales SICT (Fuente: Elaboración propia)

Por lo tanto, según la ecuación anterior, el Volumen de tránsito estimado para el año 2023 será:

$$TDPA(2023) = 182.11 (13) + 2608.6 = \mathbf{5,158 veh/día}$$

Ajustando los datos para el año 2010 será:

$$DPA(2010) = 182.11 (1) + 2608.6 = \mathbf{2,791 veh/día}$$

Con ambos datos se podrá calcular la tasa de crecimiento anual del tráfico, para lo cual se utilizará la ecuación siguiente y los datos de TDPA obtenidos de los años 2010 y 2023:

$$r = \frac{\left(\frac{F}{P} - 1\right)}{n} \times 100$$

Dónde:

r = Tasa de crecimiento anual del tránsito (%)

F = Valor futuro del TDPA (veh. /día)

P = Valor presente del TDPA (veh. /día)

n = Número de años

$$r = \frac{\left(\frac{5,158}{2,171} - 1\right)}{14} \times 100 = 6.1 \% \text{ anual}$$

Tabla No. 8. Datos Viales de la carretera Álvaro Obregón - Soto Máynez estación Km 77.5
(Fuente: Datos viales SICT 2022)

27 CARR: Cuauhtémoc - Buenaventura		CLAVE: 08015												RUTA: CHIH				AÑO: 2022		
LUGAR	ESTACION				CLASIFICACION VEHICULAR EN PORCIENTO												COORDENADAS			
	KM	TE	SC	TDPA	M	A	B	C2	C3	T3S2	T3S3	T3S2R4	OTROS	A	B	C	K'	D	LATITUD	LONGITUD
T. C. Chihuahua - Madera	0.00	3	1	11795	2.1	88.7	0.8	4.3	1.0	1.2	0.7	0.8	0.4	90.8	0.8	8.4	0.075	0.506	28.406503	-106.895744
T. C. Chihuahua - Madera	0.00	3	2	12100	2.3	88.8	0.8	4.5	0.9	1.1	0.6	0.7	0.3	91.1	0.8	8.1	0.102	0.506	28.406474	-106.895935
Álvaro Obregón	42.00	3	1	3674	1.5	86.3	1.3	3.7	1.5	3.5	1.4	0.6	0.2	87.8	1.3	10.9	0.088	0.501	28.752776	-106.918176
Álvaro Obregón	42.00	3	2	3695	1.5	84.7	1.7	4.0	1.7	3.7	1.7	0.7	0.3	86.2	1.7	12.1	0.082	0.501	28.752652	-106.918161
Bachiniva	77.50	1	0	3280	3.1	87.7	1.3	4.7	1.1	1.1	0.5	0.4	0.1	90.8	1.3	7.9	0.082	0.502	28.772023	-107.249168
T. Der. Namiquipa	112.06	3	0	3417	2.7	84.5	1.0	8.1	1.2	1.1	0.9	0.4	0.1	87.2	1.0	11.8	0.094	0.512	29.026872	-107.451753
T. Izq. Madera	150.50	3	0	1442	1.5	88.6	2.1	5.2	1.0	0.8	0.7	0.1	0.0	90.1	2.1	7.8	0.099	0.505	29.268268	-107.709236
Buenaventura	253.30	1	0	740	5.6	86.7	1.5	2.5	0.8	1.4	1.0	0.5	0.0	92.3	1.5	6.2	0.114	0.506	29.841111	-107.480994

En la Tabla No. 8 se puede apreciar que los datos viales de la SICT publicados en el año 2022 para el Km 77.5 (Bachíniva) el TDPA es de 3,280 veh/día, con una composición vehicular de 90.8 % de vehículos tipo A, 1.3 % vehículos tipo B y 7.9 % vehículos tipo C, estos datos son muy similares a los obtenidos en el aforo realizado del Km 55, por lo que para el análisis del presente estudio se tomará como valor de la demanda (TDPA) para el año 2023 el valor obtenido del aforo realizado en el Km 55 que es de 3,347 veh./día y la composición del tráfico vehicular sugerida por los datos viales de la SICT que serán del 90.8 % de vehículos tipo A, 1.3 % vehículos tipo B y 7.9 % vehículos tipo C (T3-S2) y una tasa de crecimiento anual del 6.1 %, que serán los datos para estimar la demanda para el año 2024, utilizada para el análisis del ACBS en estudio.

Tabla No. 9. Composición del tráfico vehicular (TDPA) para 2024 (Fuente: Elaboración propia)

TIPO DE VEHÍCULO	COMPOSICIÓN VEHICULAR (%)	TASA DE CRECIMIENTO (r)	AFORO (Veh/día)
Vehículo ligero (A)	90.8	6.1 %	3,551
Autobús (B)	1.3		
Camiones de carga (C)	7.9		

De acuerdo con la metodología propuesta para la estimación del Costo Generalizado de Viaje (CGV), se utilizará el un índice de ocupación por tipo de vehículo, conforme a la tabla siguiente:

Tabla No. 10. Tasa de ocupación por tipo de Vehículo (Fuente: Guía estudios ACBS 2015 CEPEP)

TIPO DE VEHÍCULO	PASAJEROS POR VEHÍCULO
Vehículo ligero	2.6
Autobús	24.2
Camión Unitario	1.8
Camión Articulado	1.9

d) Interacción de la Oferta-Demanda

1) Velocidades promedio de operación

En el trabajo de campo se estimaron las velocidades promedio de operación mediante el método de placas. Este método consiste en colocar una brigada en un punto de inicio del tramo y otra en un punto final. La primera brigada anota las placas de los vehículos y la hora en que pasan por dicho lugar; la brigada del final realiza la misma operación. De esta manera se obtiene el tiempo en que recorre cada vehículo la ruta del proyecto y por lo tanto, dado que ya se conoce la distancia de la ruta, se puede calcular la velocidad de cada vehículo. Para obtener las velocidades promedio de operación de los vehículos, se dividió el tramo en varias zonas de acuerdo a las condiciones de la superficie del pavimento (IRI), obteniendo los las velocidades siguientes en cada tramo, para cada vehículo y posteriormente, se calculó la velocidad ponderada del tramo para cada vehículo:

Tabla No. 11. Velocidades promedio de Operación (Fuente: Elaboración propia)

Situación Actual Veh. A					
TRAMOS		LONGITUD	IRI	Velocidad	Vel x LONG
49+600	53+000	3,400	4	82.44	280,296
53+000	55+300	2,300	6	78.03	179,469
55+300	63+200	7,900	4	82.44	651,276
63+200	82+000	18,800	4	82.44	1,549,872
82+000	82+500	500	6	78.03	39,015
82+500	97+000	14,500	5	80.23	1,163,335
97+000	105+000	8,000	6	78.03	624,240
105+000	112+400	7,400	5	80.23	593,702
		62,800		641.87	5,081,205

Vel. Veh A 80.91 Km/hr

Situación Actual Veh. B					
TRAMOS		LONGITUD	IRI	Velocidad	Vel x LONG
49+600	53+000	3,400	4	78.61	267274
53+000	55+300	2,300	6	74.44	171212
55+300	63+200	7,900	4	78.61	621019
63+200	82+000	18,800	4	78.61	1477868
82+000	82+500	500	6	74.44	37220
82+500	97+000	14,500	5	76.53	1109685
97+000	105+000	8,000	6	74.44	595520
105+000	112+400	7,400	5	76.53	566322
		62,800		612.21	4846120

Vel. Veh B 77.17 Km/hr

Situación Actual Veh. C					
TRAMOS		LONGITUD	IRI	Velocidad	Vel x LONG
49+600	53+000	3,400	4	69.42	236028
53+000	55+300	2,300	6	59.93	137839
55+300	63+200	7,900	4	69.42	548418
63+200	82+000	18,800	4	69.42	1305096
82+000	82+500	500	6	59.93	29965
82+500	97+000	14,500	5	64.67	937715
97+000	105+000	8,000	6	59.93	479440
105+000	112+400	7,400	5	64.67	478558
		62,800		517.39	4153059

Vel. Veh C 66.13 Km/hr

La velocidad promedio de operación de cada vehículo obtenida, se usará para calcular el Coto de Tiempo de Recorrido (CTR) del tramo en estudio.

2) Costo Generalizado de Viaje

La interacción entre la oferta y la demanda se refleja en el Costo Generalizado de Viaje (CGV), el cual se define como el costo en que incurren los usuarios del camino. Este incluye la valoración del tiempo empleado en el viaje o del Costo de Tiempo de Recorrido (CTR) de los pasajeros que viajan en los vehículos y el Costo de Operación Vehicular (COV) en que se realizan dichos viajes. El Costo Generalizado de Viaje (CGV) de la situación actual se debe calcular por tipos de vehículos para cada tramo de acuerdo a la expresión siguiente:

$$CGV_{i,j} = COV_{i,j} + CTR_{i,j}$$

Dónde:

i puede ser vehículos ligeros (A), autobús (B) o camión de carga (C).

j Se define a cada tramo del camino.

$CGV_{i,j}$ es el Costo Generalizado de Viaje calculado para cada vehículo i en el tramo j.

$COV_{i,j}$ es el Costo Operación de Vehicular calculado para cada vehículo i en el tramo j.

$CTR_{i,j}$ es el Costo por tiempo de Recorrido de los pasajeros que viajan en el tipo de vehículo i en el tramo j.

El Costo de Operación Vehicular (COV) mide en términos monetarios el costo que representa a cada vehículo circular por la vía, la unidad con que se expresa pesos por kilómetro recorrido por vehículo (\$/Km/veh.), el Costo de Operación Vehicular (COV) es sensible a las características geométricas del camino, las condiciones de la superficie del pavimento (IRI) y el tipo de terreno donde se localiza la vía.

Para calcular el Costo de Operación Vehicular (COV) se recurre a la publicación técnica del Instituto Mexicano el Transporte (IMT) No. 756 “Costos de operación base de los vehículos representativos del transporte interurbano 2023” toma como referencia los modelos matemáticos desarrollados por el Banco Mundial, que utiliza un programa de computo denominado *Vehicle Operating Costs* (VOC) adaptando a las características mexicanas, obteniendo así los costos de operación base y los factores de ajuste a estos, según las características de la carretera a

estudiar (IRI), los costos de operación base se ajustaron mediante el índice precio productor (IPP) del INEGI a enero del 2024.

Para calcular el Costo de Operación Vehicular (COV) anual del tramo en estudio se empleó la siguiente ecuación:

$$COV = F_b \times CB \times TDPA \times 365 \times Long.$$

Dónde:

COV Costo de operación vehicular anual, para todos los vehículos del mismo tipo.

F_b Factor de costo de operación base, para el tipo de vehículo, tipo de terreno y estado de la superficie del camino.

CB Costo de operación base del vehículo, obtenida de publicación No. 756 (IMT).

TDPA Transito diario promedio Anual del vehículo.

En la tabla siguiente se presenta el Costo de Operación Vehicular (COV) anual obtenido del tramo en estudio de acuerdo a la demanda y las condiciones del pavimento de la situación actual.

Tabla No. 12. Costo de Operación Vehicular (COV) Anual de la situación actual (Fuente: Elaboración propia)

SITUACIÓN ACTUAL				Publicación IMT No. 756 del año 2023 ajustado 2024					
RUTAS	IRI	LONG (km)	T.D.P.A.	CLASIFICACIÓN VEHICULAR		F _b	Cb	DÍAS/AÑO	COV
				TIPO	%				
Tramo Plano	4.693	62.8	3551	A	90.8%	1.13	6.71	365	\$ 560,329,891.27
				B	1.3%	1.18	17.76	365	\$ 22,173,746.13
				C	7.9%	1.22	20.36	365	\$ 159,744,607.01
									\$ 742,248,244.41
TOTAL COSTO DE OPERACION VEHICULAR (COV) =									\$ 742,248,244.41

El Costo de Tiempo de Recorrido (CTR) de los pasajeros que viajan en los vehículos representa el valor, en términos monetarios del tiempo de viaje de las personas que se desplazan en cada vehículo, y está dado por el valor unitario del tiempo de las personas (pesos/hora) multiplicado por el tiempo de recorrido en horas y por el número de pasajeros promedio por tipo de vehículo.

Para el cálculo del Costo de Tiempo de Recorrido (CTR) se utilizó la información de la nota Técnica No. 207 del Instituto Mexicano el Transporte (IMT), en la que se considera el valor del tiempo de las personas por concepto de trabajo y por placer del año 2024, considerando que del total de los viaje, el 70% son por trabajo y el 30% por placer.

Para calcular el Costo de Tiempo de Recorrido (CTR) anual del tramo en estudio se empleó la siguiente ecuación:

$$CTR = TDPA \times \text{Indice de Ocup.} \times \text{Factor} \times \text{Costo tiempo} \times 365$$

Dónde:

CTR Costo del Tiempo de Recorrido (CTR) anual

TDPA Transito diario promedio Anual del vehículo.

Factor El Factor por trabajo o placer del objeto del viaje

Costo Tiempo El valor del tiempo de las personas por concepto de trabajo y por placer.

El procedimiento para el cálculo del Costo de Tiempo de Recorrido (CTR) se puede apreciar en la Tabla No. 13.

Tabla No. 13. Costo de Tiempo de Recorrido (CTR) Anual de la situación actual (Fuente: Elaboración propia).

SITUACIÓN ACTUAL													Nota técnica 207 (IMT, 2024) Tabla No. 3		
													2024		
													Valor del tiempo por Trabajo Zona Norte 2024	\$	114.20
													Valor del tiempo por Placer Zona Norte 2024	\$	68.52
Por Viajes de Trabajo													Por Viajes de Trabajo = \$ 231,149,681.84		
TRAMO	LONG (km)	T.D.P.A.	IRI	CLASIFICACIÓN VEHICULAR		VOL/DIA	INDICE DE OCUPACION VEHICULAR	FACTOR	COSTO DEL TIEMPO POR PERSONA (\$/hr)	VELOCIDAD (Km/hr)	TIEMPO DE RECORRIDO (Hrs.)	DÍAS/ AÑO	COSTO POR TIEMPO DE VIAJE (\$)		
				TIPO	%										
Plano	62.80	3551	4.693	A	90.8%	3224	2.6	0.7	114.20	80.91	0.7762	365	\$ 189,853,867.21		
				B	1.3%	46	24.2	0.7	114.20	77.17	0.8138	365	\$ 26,527,206.76		
				C	7.9%	281	1.9	0.7	114.20	66.13	0.9496	365	\$ 14,768,607.87		
Por Viajes de Placer													Por Viajes de Placer = \$ 59,438,904.57		
TRAMO	LONG (km)	T.D.P.A.	IRI	CLASIFICACIÓN VEHICULAR		VOL/DIA	INDICE DE OCUPACION VEHICULAR	FACTOR	COSTO DEL TIEMPO POR PERSONA (\$/hr)	VELOCIDAD (Km/hr)	TIEMPO DE RECORRIDO (HRS.)	DÍAS/ AÑO	COSTO POR TIEMPO DE VIAJE (\$)		
				TIPO	%										
Plano	62.80	3551	4.693	A	90.8%	3224	2.6	0.3	68.52	80.91	0.78	365	\$ 48,820,113.51		
				B	1.3%	46	24.2	0.3	68.52	77.17	0.81	365	\$ 6,821,062.16		
				C	7.9%	281	1.9	0.3	68.52	66.13	0.95	365	\$ 3,797,728.90		
TOTAL COSTO DEL TIEMPO DE RECORRIDO (CTR) ANUAL = \$ 290,588,586.41															

Por último, para calcular el Costo Generalizado de Viaje (CGV) de la situación actual del tramo en estudio, se aplicó la ecuación mencionada anteriormente, es decir, se sumó el Costo de Operación Vehicular (COV) y el Costo de Tiempo de Recorrido (CTR), en la tabla siguiente se presenta el resultado obtenido.

Tabla No. 14. Costo Generalizado de Viaje (CGV) de la situación actual (2024)
(Fuente: Elaboración propia)

SITUACIÓN ACTUAL (2024)		COSTO GENERALIZADO DE VIAJE (CGV)
COSTOS DE OPERACIÓN ANUAL (COV)	\$ 742,248,244.41	
COSTOS DEL TIEMPO DE RECORRIDO (CTR)	\$ 290,588,586.41	
		\$ 1,032,836,830.83

3) Problemática de la situación actual

Con el análisis de los dos puntos anteriores, se puede observar que la problemática que se ha identificado claramente en la carretera Álvaro Obregón – Soto Máynez, es de que se están presentado **Altos Costos Generalizados de Viaje** (CGV = 1,032.8 MDPA), esto debido al grado de deterioro que presenta la superficie del pavimento (IRI = 4.693), originando con esta situación Altos Costos de Operación Vehiculares (COV = 742.2 MDPA), repercutiendo en bajas velocidades de los vehículos e incrementando con ello los Costos de los Tiempos de recorrido (CTR = 290.6 MDPA) de los pasajeros, afectando con ello directamente la economía de la población de esta región del estado de Chihuahua, por lo que es la problemática que claramente se pretende resolver con la implementación de este proyecto, **reducir al mínimo el Costos Generalizados de Viaje (CGV).**

III. Situación sin el del Proyecto de inversión

a) Optimizaciones

Una vez realizado el diagnóstico de la situación actual y definida la problemática que da origen al desarrollo del proyecto, se deben considerar las acciones de optimización, es decir, medidas o acciones de “bajo costo” que reduzcan la problemática identificada de la situación actual y que permitan mejorar las condiciones actuales de la vía. Esto con el propósito de no atribuirle beneficios al proyecto que no le corresponden.

Para mejorar la situación actual se identificó como medidas de optimización los trabajos de mantenimiento rutinario y periódico que ha llevado a cabo la residencia de conservación durante la operación de la carretera, estos trabajos consisten básicamente en realizar bacheos y renivelaciones en tramos aislados, aplicación de riegos de sello y sobrecarpetas en tramos parciales y el mejoramiento del señalamiento. Sin embargo, con estas acciones no se solventa la necesidad de mejorar las condiciones físicas de la infraestructura en la zona, ya que las velocidades y los tiempos de recorrido no mejorarían de manera significativa.

El seguir manteniendo de esta forma las condiciones físicas del camino, como única alternativa, no es la opción más recomendable ya que debido a las condiciones físicas de la superficie de rodamiento ($IRI = 4.693$), sería una solución temporal y de muy corto plazo, lo que obligaría a reconsiderar nuevamente alguna otra alternativa que dé solución de forma permanente a los problemas derivados del mal estado físico que guarda la infraestructura del tramo en estudio.

Las condiciones del camino en estudio se modifican de manera poco significativa de la situación sin actual, debido a que el impacto de las medidas de optimización en el estado actual de la superficie de rodamiento es mínimo, por lo que la situación actual, se considera como la situación sin proyecto.

b) Análisis de la Oferta

Bajo la situación optimizada se mantienen las condiciones originales de la situación actual de la carretera Álvaro Obregón – Soto Máynez en su tramo del Km 49+600 al Km 112+400, con una longitud total de 62.8 kilómetros, constituida por un cuerpo con ancho de corona de 7.0 m, sin acotamientos, en donde se alojan dos carriles de circulación, uno por sentido, el camino se localiza sobre un terreno del tipo plano. La superficie de rodamiento es a base de un pavimento de concreto asfáltico, las características físicas y geométricas del camino en estudio fueron recabadas en el trabajo de campo y se presentan en el cuadro siguiente:

Tabla No. 15. Características físicas y geométricas de la carretera de la “situación sin proyecto”

CONCEPTO	TRAMO DEL KM 49+600 AL KM 112+400
Longitud Tramo (Km)	62.8
Tipo de carretera	D
Tipo de terreno	Plano
Número de carriles	2
Ancho de carril (m)	3.5
Franja Central (m)	No cuenta
Ancho de Calzada (m)	7.0
Ancho de Corona (m)	7.0
Acotamiento	No cuenta
Superficie de Rodamiento	Pavimento asfáltico
Índice de Regularidad Promedio (IRI)	4.693
Estado físico del pavimento	De regular a malo

Fuente: Elaboración propia con base a las características geométricas de la vía obtenidas en campo.

c) Análisis de la demanda

Con la implementación de las medidas de optimización no se espera un impacto en la demanda de la situación actual, por lo que para la situación sin proyecto se considerara una demanda (TDPA) de 3,551 vehículos por día para el año de 2024, un clasificación del 90.8 % de vehículos tipo A, 1.3 % vehículos tipo B, 7.9 % vehículos tipo C (T3-S2) y una tasa de crecimiento anual del 6.1 %, igual a la situación actual.

De acuerdo con la metodología propuesta para la estimación del Costo Generalizado de Viaje (CGV) de la situación sin proyecto, se utilizará el un índice de ocupación por tipo de vehículo, de 2.6 personas para vehículos tipo A, 24.2 personas para vehículos tipo B y 1.9 personas para vehículos tipo C.

Tabla No. 16. Proyección de la demanda (TDPA) de la “situación sin proyecto”

No.	AÑOS	TDPA (Veh/día)	VEHICULOS A 90.8%	VEHICULOS B 1.3%	VEHICULOS C 7.9%
0	2024	3551	3224	46	281
1	2025	3768	3421	49	298
2	2026	3997	3630	52	316
3	2027	4241	3851	55	335
4	2028	4500	4086	58	355
5	2029	4774	4335	62	377
6	2030	5066	4600	66	400
7	2031	5375	4880	70	425
8	2032	5703	5178	74	451
9	2033	6050	5494	79	478
10	2034	6420	5829	83	507

Fuente: Elaboración propia con base a los aforos de campo y estudio de tráfico.

Para la proyección de la demanda (TDPA) de la situación sin proyecto, a lo largo del horizonte de proyecto evaluado, se consideró la tasa de crecimiento anual de 6.1 %, calculado aplicando la siguiente ecuación:

$$TDPA_t = TDPA_{t-1}(1 + r)$$

Dónde:

TDPA Tránsito normal, en veh./día

t el año durante el horizonte de la evaluación, en años.

r es la tasa anual del crecimiento del tránsito, en decimal.

En la Tabla No. 16 se presenta la proyección de la demanda (TDPA) de la situación sin proyecto, utilizando una tasa de crecimiento anual del 6.1%.

d) Diagnóstico de la interacción Oferta-Demanda

Una vez incorporadas las acciones de optimización, la interacción entre la oferta y la demanda de la situación sin proyecto, se reflejará directamente el Costo Generalizado de Viaje (CGV), para lo cual se calcularán estos costos a lo largo del horizonte de proyecto, considerando la proyección de la demanda esperada (TDPA), evaluando así el Costo de Operación Vehicular (COV) anual, la velocidad promedio de operación de los vehículos y por consiguiente la valoración del Costo de Tiempo de Recorrido (CTR) anual de los pasajeros que viajan en los vehículos.

En la tabla siguiente se presentan las velocidades promedio de operación obtenidas en campo de los vehículos de la situación sin proyecto, las cuales son las mismas de la situación actual, estas velocidades fueron utilizadas para posteriormente calcular el Costo Generalizado de Viaje (CGV) de la situación sin proyecto.

Tabla No. 17. Velocidades promedio de operación de la “situación sin proyecto”

TIPO DE VEHÍCULO	VELOCIDAD PROMEDIO
Vehículo Ligero (A)	80.91 Km/hr
Autobús (B)	77.17 Km/hr
Camión de Carga (C)	66.13 Km/hr

Fuente: Elaboración propia con base a los aforos de campo y estudio de tráfico.

Para calcular el Costo de Operación Vehicular (COV) de la situación sin proyecto, se recurre a la publicación técnica del Instituto Mexicano del Transporte (IMT) No. 756 “Costos de operación base de los vehículos representativos del transporte interurbano 2023”, que toma como referencia los modelos matemáticos desarrollados por el Banco Mundial, que utiliza un programa de cómputo denominado *Vehicle Operating Costs* (VOC) adaptando a las características mexicanas, obteniendo así los costos de operación base y los factores de ajuste a estos, según las características de la carretera a estudiar (IRI), los costos de operación base se ajustaron mediante el índice precio productor (IPP) del INEGI a enero del 2024.

Para calcular el Costo de Operación Vehicular (COV) anual de la situación sin proyecto, se evaluó un periodo de 10 años, que es el horizonte de proyecto, empleado el TDPA para cada año, con la siguiente ecuación:

$$COV = F_b \times CB \times TDPA \times 365 \times Long.$$

Dónde:

COV Costo de operación vehicular anual, para todos los vehículos en cada año.

F_b Factor de costo de operación base, para el tipo de vehículo, tipo de terreno y estado de la superficie del camino.

CB Costo de operación base del vehículo, obtenida de publicación No. 756 (IMT).

TDPA Transito diario promedio Anual del vehículo.

Para el cálculo del Costo de Tiempo de Recorrido (CTR) de la situación sin proyecto se utilizó la información de la nota Técnica No. 207 del Instituto Mexicano del Transporte (IMT), en la que se considera el valor del tiempo de las personas por concepto de trabajo y por placer del año 2024, considerando que del total de los viajes, el 70% son por trabajo y el 30% por placer.

Para evaluar el Costo de Tiempo de Recorrido (CTR) anual de la situación sin proyecto, se analizó un periodo de 10 años, que es el horizonte de proyecto, empleado el TDPA para cada año, con la siguiente ecuación:

$$CTR = TDPA \times \text{Indice de Ocup.} \times \text{Factor} \times \text{Costo tiempo} \times 365$$

Dónde:

CTR Costo del Tiempo de Recorrido (CTR) anual

TDPA Transito diario promedio Anual del vehículo.

Factor El Factor por trabajo o placer del objeto del viaje

Costo Tiempo El valor del tiempo de las personas por concepto de trabajo y por placer.

En la tabla siguiente se presentan los resultados del Costo generalizado de Viaje (CGV) de la situación sin proyecto, evaluando al horizonte de proyecto de 10 años:

Tabla No. 18. Costos Generalizados de Viaje (CGV) de la “situación sin proyecto” proyectados al horizonte de proyecto.

Años	t	Total	Tránsito (Veh/Día)			Costos de Operación Vehicular (\$/km)			Tiempo de Recorrido (Horas)			Costos Totales (Pesos por Año)				
			A	B	C	A	B	C	A	B	C	Situación Sin Proyecto				
												ANO	COV	CTR	CGV	
2024																
2025	1	3768	3421	49	298	7.58	20.96	24.84	0.78	0.81	0.95	2025	\$ 787,525,616.75	\$ 308,901,022.28	\$ 1,096,426,639.03	
2026	2	3997	3630	52	316	7.58	20.96	24.84	0.78	0.81	0.95	2026	\$ 835,564,679.37	\$ 327,743,984.64	\$ 1,163,308,664.01	
2027	3	4241	3851	55	335	7.58	20.96	24.84	0.78	0.81	0.95	2027	\$ 886,534,124.81	\$ 347,736,367.70	\$ 1,234,270,492.51	
2028	4	4500	4086	58	355	7.58	20.96	24.84	0.78	0.81	0.95	2028	\$ 940,612,706.43	\$ 368,948,286.13	\$ 1,309,560,992.55	
2029	5	4774	4335	62	377	7.58	20.96	24.84	0.78	0.81	0.95	2029	\$ 997,990,081.52	\$ 391,454,131.58	\$ 1,389,444,213.10	
2030	6	5066	4600	66	400	7.58	20.96	24.84	0.78	0.81	0.95	2030	\$ 1,058,867,476.49	\$ 415,332,833.61	\$ 1,474,200,310.10	
2031	7	5375	4880	70	425	7.58	20.96	24.84	0.78	0.81	0.95	2031	\$ 1,123,458,392.56	\$ 440,668,136.46	\$ 1,564,126,529.01	
2032	8	5703	5178	74	451	7.58	20.96	24.84	0.78	0.81	0.95	2032	\$ 1,191,989,354.50	\$ 467,548,892.78	\$ 1,659,538,247.28	
2033	9	6050	5494	79	478	7.58	20.96	24.84	0.78	0.81	0.95	2033	\$ 1,264,700,705.13	\$ 496,069,375.24	\$ 1,760,770,080.37	
2034	10	6420	5829	83	507	7.58	20.96	24.84	0.78	0.81	0.95	2034	\$ 1,341,847,448.14	\$ 526,329,607.13	\$ 1,868,177,055.27	

Fuente: Elaboración propia

e) Alternativas de solución

Para solucionar la problemática presentada en la carretera Álvaro Obregón – Soto Máynez en su tramo del Km 49+600 al Km 112+400, se propone desarrollar dos alternativas de proyecto, los cuales cada uno de ellos soluciona la problemática presentada, es decir, la reducción del Costo generalizado de Viaje (CGV), ambos proyectos generan los mismos beneficios, por lo que el indicador que se utilizará para seleccionar la mejor alternativa será el Costo Anual Equivalente (CAE).

El Costo Anual Equivalente (CAE) es utilizado frecuentemente para evaluar alternativas del programa o proyecto de inversión que brindan los mismos beneficios; pero que poseen distintos costos y/o distinta vida útil. El Costo Anual Equivalente (CAE) es la anualidad del valor presente de los costos relevantes menos el valor presente del valor de rescate de un programa o proyecto de inversión, considerando el horizonte de evaluación de cada una de las alternativas.

La ecuación que se utiliza para calcular el Costo Anual Equivalente (CAE) es la siguiente:

$$CAE = VPC \frac{r(1+r)^n}{(1+r)^n - 1}$$

Dónde:

CAE es el Costo Anual Equivalente

VPC Es el Valor Presente de los Costos

r Es la Tasa Social de Descuento (TSD = 10% anual)

n Es la vida útil del proyecto en años

Para calcular el Valor Presente de los Costos (VPC) es necesario llevar al presente la inversión todos los costos del proyecto, utilizando para ello la ecuación del Valor Presente (P) del interés compuesto, mediante la siguiente ecuación:

$$VPC = \sum_0^n \frac{VFC}{(1+r)^n}$$

Dónde:

VPC es el Valor Presente de los Costos del proyecto

VFC Es el Valor Futuro de cada uno de los Costos del proyecto

r Es la Tasa Social de descuento (TSD)

n Es el año en que se encuentra aplicado cada uno de los costos

Como proyecto No. 1 se propone Rehabilitar el camino a diferentes niveles, según el grado de deterioro que presente la estructura del camino. Se reconstruirá a nivel terracerías cortando el total de la estructura del camino, construyendo primeramente una capa de material no compactable, sobre esta se construirá una capa subrasante y base hidráulica, para posteriormente impregnarla y tender una carpeta asfáltica de 6.0 cm de espesor. Para rehabilitar los tramos a nivel carpeta que no presente agrietamiento, se realizará primeramente un fresado del pavimento existente en un espesor de 6.0 cm en todo el ancho de corona, se continuará, posteriormente se tenderá una carpeta asfáltica de 6.0 cm de espesor. En las zonas que la carpeta asfáltica presente agrietamiento moderado, se instalará una geomembrana, sobre la cual se colocará una carpeta de concreto asfáltico de 5.0 cm de espesor. Los costos del proyecto son los siguientes:

Inversión Inicial	\$ 186,850,000.00 (IVA Incluido)
Conservación Rutinaria anual	\$ 5,675,430.81 (sin IVA)
Conservación periódica cada 5 años	\$ 32,606,781.00 (sin IVA)
Costos por molestia (año cero)	\$ 51,282,237.25 (sin IVA)
Vida Útil del proyecto	10 años
Tasa Social de Descuento	10 % anual

Utilizado los costos descritos anteriormente y aplicando las ecuaciones mencionadas, se calculó el Costo Anual Equivalente (CAE) para la alternativa del proyecto No. 1:

Tabla No. 19. Cálculo del Valor Presente de los Costos (VPC) alternativa proyecto No. 1.

AÑO	INVERSIÓN INICIAL	COSTOS POR MOLESTIA	CONSERVACIÓN RUTINARIA	CONSERVACIÓN PERIÓDICA	COSTOS TOTALES	VALOR PRESENTE DE LOS COSTOS (VPC)
0	\$ 161,077,586.21	\$ 51,282,237.25			\$ 212,359,823.46	\$ 212,359,823.46
1			\$ 5,675,430.81		\$ 5,675,430.81	\$ 5,159,482.55
2			\$ 5,675,430.81		\$ 5,675,430.81	\$ 4,690,438.68
3			\$ 5,675,430.81		\$ 5,675,430.81	\$ 4,264,035.17
4			\$ 5,675,430.81		\$ 5,675,430.81	\$ 3,876,395.61
5			\$ 5,675,430.81	\$ 32,606,781.00	\$ 38,282,211.81	\$ 23,770,241.60
6			\$ 5,675,430.81		\$ 5,675,430.81	\$ 3,203,632.73
7			\$ 5,675,430.81		\$ 5,675,430.81	\$ 2,912,393.39
8			\$ 5,675,430.81		\$ 5,675,430.81	\$ 2,647,630.36
9			\$ 5,675,430.81		\$ 5,675,430.81	\$ 2,406,936.69
10			\$ 5,675,430.81		\$ 5,675,430.81	\$ 2,188,124.26
					VPC = \$	267,479,134.50

Fuente: Elaboración propia

$$CAE_1 = \$ 267,479,134.5 \times \frac{0.1(1 + 0.1)^{10}}{(1 + 0.1)^{10} - 1} = \$ 43,530,997.4$$

Como Proyecto No. 2 se propone reconstruir el camino en los tramos dañados a nivel terracerías, cortando el total de la estructura del camino, construyendo primeramente la capa de terracerías, sobre esta se construirá una capa subrasante y una base estabilizada con cemento, para posteriormente impregnarla y tender una carpeta asfáltica de 6.0 cm de espesor. Para rehabilitar los tramos a nivel carpeta que no presente agrietamiento, se realizará primeramente un fresado del pavimento existente en un espesor de 6.0 cm en todo el ancho de corona, se continuará, posteriormente se tenderá una carpeta

asfáltica de 6.0 cm de espesor. En las zonas que la carpeta asfáltica presente agrietamiento moderado, se instalará una geomembrana, sobre la cual se colocará una carpeta de concreto asfáltico de 5.0 cm de espesor. Los costos del proyecto son los siguientes:

Inversión Inicial	\$ 270,425,000.00 (IVA Incluido)
Conservación Rutinaria anual	\$ 5,675,430.81 (sin IVA)
Conservación periódica cada 5 años	\$ 32,606,781.00 (sin IVA)
Costos por molestia (año cero)	\$ 51,282,237.25 (sin IVA)
Vida Útil del proyecto	15 años
Tasa Social de Descuento	10 % anual

Utilizado los costos descritos anteriormente y aplicando las ecuaciones mencionadas, se calculó el Costo Anual Equivalente (CAE) para la alternativa del proyecto No. 2:

Tabla No. 20. Cálculo del Valor Presente de los Costos (VPC) alternativa proyecto No. 2.

AÑO	INVERSIÓN INICIAL	COSTOS POR MOLESTIA	CONSERVACIÓN RUTINARIA	CONSERVACIÓN PERIÓDICA	COSTOS TOTALES	VALOR PRESENTE DE LOS COSTOS (VPC)
0	\$ 233,125,000.00	\$ 51,282,237.25			\$ 284,407,237.25	\$ 284,407,237.25
1			\$ 5,675,430.81		\$ 5,675,430.81	\$ 5,159,482.55
2			\$ 5,675,430.81		\$ 5,675,430.81	\$ 4,690,438.68
3			\$ 5,675,430.81		\$ 5,675,430.81	\$ 4,264,035.17
4			\$ 5,675,430.81		\$ 5,675,430.81	\$ 3,876,395.61
5			\$ 5,675,430.81	\$ 32,606,781.00	\$ 38,282,211.81	\$ 23,770,241.60
6			\$ 5,675,430.81		\$ 5,675,430.81	\$ 3,203,632.73
7			\$ 5,675,430.81		\$ 5,675,430.81	\$ 2,912,393.39
8			\$ 5,675,430.81		\$ 5,675,430.81	\$ 2,647,630.36
9			\$ 5,675,430.81		\$ 5,675,430.81	\$ 2,406,936.69
10			\$ 5,675,430.81	\$ 32,606,781.00	\$ 38,282,211.81	\$ 14,759,449.87
11			\$ 5,675,430.81		\$ 5,675,430.81	\$ 1,989,203.87
12			\$ 5,675,430.81		\$ 5,675,430.81	\$ 1,808,367.16
13			\$ 5,675,430.81		\$ 5,675,430.81	\$ 1,643,970.14
14			\$ 5,675,430.81		\$ 5,675,430.81	\$ 1,494,518.31
15			\$ 5,675,430.81		\$ 5,675,430.81	\$ 1,358,653.01
					VPC = \$	360,392,586.40

Fuente: Elaboración propia

$$CAE_2 = \$ 360,392,586.40 \times \frac{0.1(1 + 0.1)^{15}}{(1 + 0.1)^{15} - 1} = \$ 47,382,174.5$$

Analizando las dos alternativas propuestas mediante el indicador del Costo Anual Equivalente (CAE), utilizado para ello los costos de inversión de cada proyecto, una Tasa Social de Descuento (TSD) del 10 % anual y una vida útil de 10 y 15 años respectivamente, los resultados obtenidos fueron que para el Proyecto No. 1 el CAE_1 es de \$ 43,530,997.4, para el Proyecto No. 2 el CAE_2 de \$ 47,382,174.5, por lo que el mejor proyecto es la alternativa No. 1, que es del menor Costo Anual Equivalente (CAE), se anexa a este documento la memoria del cálculo para estimar este indicador de rentabilidad.

IV. Situación con el Proyecto de Inversión

a) Descripción general

El proyecto de la Rehabilitación de la carretera Álvaro Obregón – Soto Máynez en su tramo del Km 49+600 al Km 112+400, es un **Proyecto de Infraestructura Económica**, ya que se trate de la construcción, adquisición y/o ampliación de activos fijos para la producción de bienes y servicios en los sectores de agua, **comunicaciones y transportes**. Bajo esta denominación, se incluyen todos los proyectos de infraestructura productiva de largo plazo a que se refieren los artículos 18, tercer párrafo, de la Ley General de Deuda Pública y 32, segundo párrafo, de la Ley, **así como los de rehabilitación y mantenimiento** cuyo objeto sea incrementar la vida útil o capacidad original de los activos fijos destinados a la producción de bienes y servicios de los sectores mencionados.

Tabla No. 21. Tipo de Proyecto de Inversión (Fuente: Elaboración propia)

TIPO DE PPI	
Proyecto de infraestructura económica	X
Proyecto de infraestructura social	<input type="checkbox"/>
Proyecto de infraestructura gubernamental	<input type="checkbox"/>
Proyecto de inmuebles	<input type="checkbox"/>
Programa de adquisiciones	<input type="checkbox"/>
Programa de mantenimiento	<input type="checkbox"/>
Otros proyectos de inversión	<input type="checkbox"/>
Otros programas de inversión	<input type="checkbox"/>

El proyecto contempla trabajos de rehabilitación que se realizarán en una longitud de 43 kilómetros en tramos parciales de la carretera Álvaro Obregón – Soto Máynez, los cuales serán a diferentes niveles, según el grado de deterioro que presente la estructura del camino. Se reconstruirán tramos hasta nivel de terracerías, cortando la totalidad de la estructura existente del camino, para lo cual se reconstruirá mediante la formación de una primera capa de material no compactable, sobre esta se construirá una capa subrasante y base hidráulica, para posteriormente impregnarla y tender una carpeta asfáltica de 6.0; Para rehabilitar los tramos a nivel carpeta que no presente agrietamiento, se realizará primeramente un fresado de la capa de pavimento existente en un espesor de 6.0

cm en todo el ancho de corona, se continuará con los trabajos de renivelación y bacheo superficial en tramos aislados, posteriormente se tenderá una carpeta asfáltica de 6.0 cm de espesor; en las zonas que la carpeta asfáltica presente agrietamiento moderado, se realizarán trabajos de bacheo y renivelaciones en tramos aislados, para posteriormente instalar una geomembrana, sobre la cual se colocará una carpeta de concreto asfáltico de 5.0 cm de espesor, para finalmente, después de terminar los trabajos de rehabilitación, se aplicará la pintura del señalamiento horizontal en los tramos reconstruidos del camino.

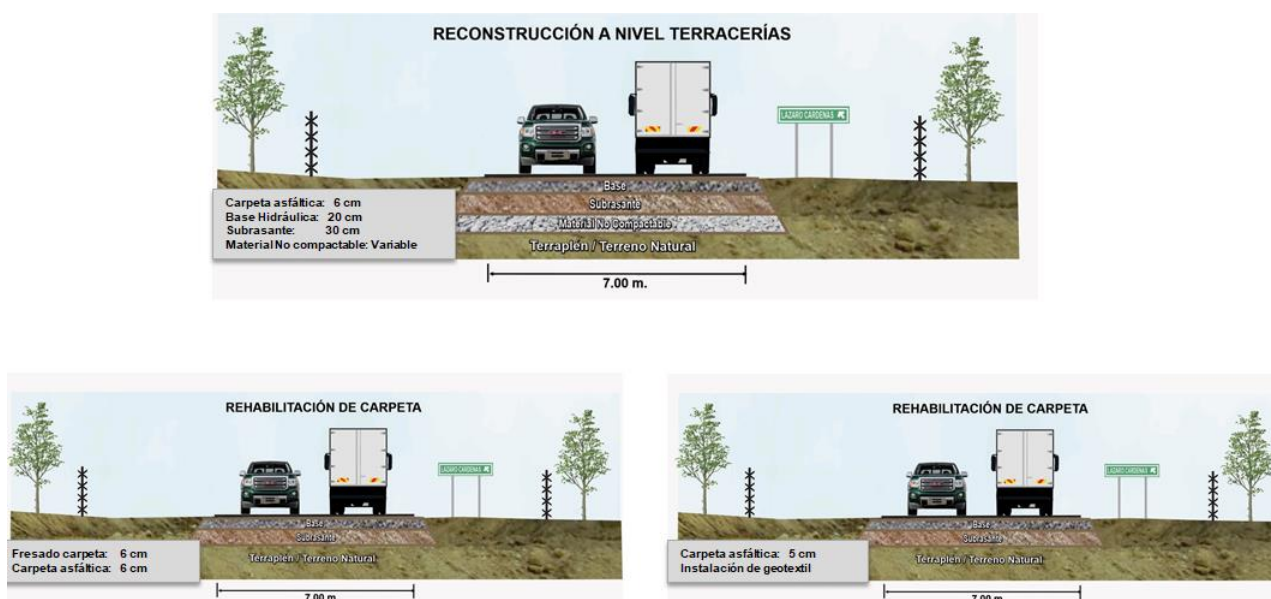


Figura No. 8. Secciones Tipo de los trabajos de Rehabilitación y Reconstrucción (Fuente: Elaboración propia)

Tabla No. 22. Descripción general del Proyecto de Inversión (Fuente: Elaboración propia)

COMPONENTE	TIPO	CANTIDAD	PRINCIPALES CARACTERÍSTICAS
Trabajos para la Rehabilitación de la Carretera Álvaro Obregón – Soto Máynez del Km 49+600 al Km 112+400.	Camino Tipo D	43 Km	Rehabilitación de la superficie del pavimento IRI = 2.697

b) Alineación estratégica

En este apartado de estudio se describirá como el proyecto contribuye a la consecución de los objetivos y estrategias establecidos en el “Programa Sectorial de Comunicaciones y Transportes 2020 – 2024, el Programa Nacional Estratégico de Infraestructura Carretera 2030 (PRONEIC 2030) y el Plan Estatal de Desarrollo Chihuahua 2022 – 2027”, así como al mecanismo de planeación al que hace referencia el artículo 34 fracción I de la Ley Federal de Presupuesto y Responsabilidad Hacendaria.

PROGRAMA SECTORIAL DE COMUNICACIONES Y TRANSPORTES 2020 – 2024

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 la 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, derivado de los anterior. El presente proyecto se alinea con:

- I. **El Objetivo Prioritario 1:** “Contribuir al bienestar social mediante la construcción, modernización y conservación de infraestructura carretera accesible, segura, eficiente y sostenible, que conecte a las personas de cualquier condición, con visión de desarrollo regional e intermodal”, a través de las siguientes las siguientes estrategias y líneas de acción.
- II. **Estrategia prioritaria 1.4** Incrementar la cobertura y accesibilidad de las vías de comunicación para impulsar el desarrollo regional y disminuir la marginación.
- III. **Línea de acción 1.4.4** Continuar con la construcción y modernización de la Red Carretera Federal.
- IV. **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)

El proyecto de los trabajos de Rehabilitación de la carretera Álvaro Obregón – Soto Máynez podría considerarse se alinea con el 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.

PLAN ESTATAL DE DESARROLLO CHIHUAHUA 2022 – 2027

El proyecto de se alinea perfectamente con el Plan Estatal de Desarrollo 2022-2024, específicamente con:

I. El Eje 3: INFRAESTRUCTURA, DESARROLLO URBANO Y MEDIO AMBIENTE.

Objetivo 10. Mejorar el entorno urbano de manera equilibrada en pos de la sustentabilidad ambiental, con el objetivo de proporcionar seguridad e identidad a las y los habitantes de las zonas urbanas.

Acción 10.3: Incrementar y modernizar la infraestructura de vialidades para una mejor movilidad y articulación de la comunicación interna en las localidades.

- Construir y modernizar obras viales que faciliten la movilidad e integración de las localidades.
- Implementar proyectos que modernicen y brinden transporte público de calidad, privilegiando a la población cuyo salario no le permite desplazarse en automóvil particular.

c) Localización geográfica

La carretera Álvaro Obregón – Soto Máynez es una vía de comunicación que se localiza en el noroeste del estado de Chihuahua, a cargo del Gobierno del Estado, el tramo en estudio tiene su origen en el Km 49+600 en el municipio de Cuauhtémoc, Chih., comunicando a la población de Bachíniva, Chih., cabecera municipal del mismo nombre, y concluye en el Km 112+400 en la localidad de Soto Máynez, perteneciente al municipio de Namiquipa, Chih., así mismo, el proyecto se localiza en las siguientes coordenadas geográficas:

- Km 49+600: Latitud: **28°46'31.91"N** y Longitud: **107° 0'31.01"O**
- Km 112+400: Latitud: **29° 1'54.96"N** y Longitud: **107°27'44.19"O**



Figura No. 1. Localización geográfica del proyecto objeto de estudio
(Fuente: Elaboración propia)

d) Calendario de actividades

La programación de las principales actividades necesarias para la ejecución y operación del proyecto de inversión se resume en el siguiente cuadro:

Tabla No. 23. Calendario de actividades del Proyecto de Inversión (Fuente: Elaboración propia)

ACTIVIDAD	1er. Trimestre	2do. Trimestre	3er. Trimestre	4to. Trimestre
Terracerías				
Pavimentos				
Conservación				
Señalamiento y Dispositivos de Seguridad.				

e) Monto total de inversión

El monto total de inversión del proyecto asciende a \$ 186'850,000.00 con IVA incluido. Este monto se ejercerá en el año 2024 y sus principales componentes son: Terracerías, Pavimentos, Conservación y señalamientos. En la Tabla 20 se muestra la distribución de la inversión en los componentes del proyecto.

Tabla No. 1. Montos de la Inversión del Proyecto de Inversión (Fuente: Elaboración propia)

COMPONENTE	MONTO INVERSIÓN
TERRACERÍAS	\$ 60,235,083.00
PAVIMENTOS	\$ 96,358,259.21
CONSERVACIÓN	\$ 2,364,000.00
SEÑ. Y DIS. DE SEG.	\$ 2,120,244.00
SUB-TOTAL	\$ 161,077,586.21
16% I.V.A.	\$ 25,772,413.79
TOTAL	\$ 186,850,000.00

f) Fuentes de financiamiento

La fuente de financiamiento del Proyecto de Inversión procede de recursos Estatales, en un 100 %, establecidos en el presupuesto de egresos del 2024 del estado de Chihuahua.

Tabla No. 24. Fuentes de Financiamiento del Proyecto de Inversión
(Fuente: Elaboración propia)

FUENTE DE LOS RECURSOS	PROCEDENCIA	MONTO	PORCENTAJE
1. Federales	-	-	-
2. Estatales	Presupuesto de egresos del Estado.	\$ 186,850,000.00	100 %
3. Municipales	-	-	-
4. Fideicomisos	-	-	-
5. Otros	-	-	-
Total		\$ 186,850,000.00	100 %

g) Capacidad instalada

De acuerdo con el estudio de Ingeniería de Tránsito, se estimó que la capacidad de operación de la carretera en ambas direcciones en condiciones ideales es de 2,800 veh/hora, para lo cual se evaluará la evolución del nivel de servicio que presenta la carretera a lo largo del horizonte de proyecto, considerando las condiciones de operación de la carretera.

La expresión utilizada para obtener el nivel de servicio en carreteras de dos carriles, es la recomendada en la publicación técnica No. 485 del Instituto Mexicano del Transporte (IMT) y del manual de capacidad vial de la Secretaría de Infraestructura, Comunicaciones y Transportes (SICT), la cual es la siguiente:

$$VS_i = C_i \times V / C_i \times f_D \times f_A \times f_P \times f_{VP}$$

Dónde:

VS_i Es el Volumen de servicio para el nivel de servicio i, en veh/hr

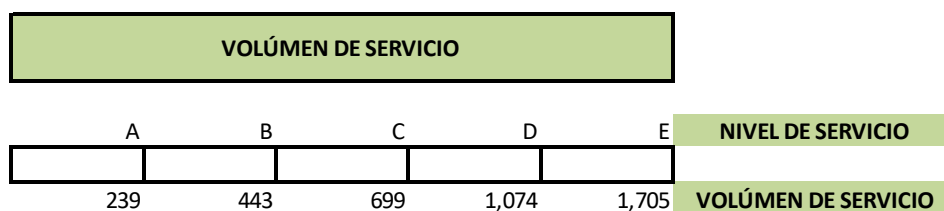
C_i Es la Capacidad en condiciones ideales en ambas direcciones, la cual es de 2,800 vehículos por hora en ambas direcciones.

- V/C_i Es la máxima relación Volumen/Capacidad asociada al nivel de servicio i
- f_D Es el Factor de ajuste por efecto de la distribución direccional.
- f_A Es el Factor de ajuste por efecto de restricciones en el ancho de carril y acotamientos o distancia a obstáculos laterales.
- f_P Es Factor de ajuste por efecto sobre los automóviles de la pendiente en tangentes verticales. Es igual a uno, si el análisis es generalizado
- f_{VP} Es el Factor de ajuste por efecto de vehículos pesados.

Todos los factores descritos anteriormente se obtuvieron de tablas de la publicación técnica No. 485 del Instituto Mexicano del Transporte (IMT). Aplicando la ecuación anterior y sus factores se obtuvieron los volúmenes de servicio para nivel de servicio de la carretera en estudio:

Tabla No. 25. Volumen de Servicio (VS_i) del camino en estudio
(Fuente: Elaboración propia)

VOLUMEN DE SERVICIO	C_i	V/C	f_D	f_A	f_P	f_{VP}	VOLUMEN (VPH)
VS_A	2800	0.14	0.7	0.870	1	1	239
VS_B	2800	0.26	0.7	0.870	1	1	443
VS_C	2800	0.41	0.7	0.870	1	1	699
VS_D	2800	0.63	0.7	0.870	1	1	1,074
VS_E	2800	1	0.7	0.870	1	1	1,705
VS_E	2800	1	0.88	0.870	1	1	2,144



Con la ayuda del Transito diario promedio anual (TDPA) y el factor K obtenido de las publicación de datos viales de la Secretaría de Infraestructura, Comunicaciones y Traspotes (SICT) ($K= 0.082$ de la Tabla No. 8), se puede obtener el volumen de servicio con el cual opera la carretera referida en los datos viales, al ser una aproximación de los volúmenes horarios más altos queda a consideración si es necesario el dividirlo por el FHMD (factor horario de máxima demanda) proporcionado en el “Manual de Capacidad Vial” de la Secretaría de Infraestructura, Comunicaciones y Traspotes (SICT).

$$VS = TDPA \times K$$

Dónde:

VS Es el Volumen de Servicio (veh/hor)

TDPA Es el Transito diario promedio anual (veh/día)

K Este factor es útil para determinar el volumen horario de proyecto

Aplicando la ecuación anterior se determinaron los volúmenes de servicio a lo largo del horizonte de proyecto, para posteriormente compararlos con los límites obtenidos y así establecer el nivel de servicio al que opera la carretera en estudio.

Tabla No. 26. Nivel de Servicio al que opera el camino en estudio
(Fuente: Elaboración propia)

No.	AÑOS	TDPA (Veh/día)	K	VS (Veh/hora)	NIVEL DE SERVICIO
0	2024	3551	0.082	291	B
1	2025	3768	0.082	309	B
2	2026	3997	0.082	328	B
3	2027	4241	0.082	348	B
4	2028	4500	0.082	369	B
5	2029	4774	0.082	392	B
6	2030	5066	0.082	415	B
7	2031	5375	0.082	441	B
8	2032	5703	0.082	468	C
9	2033	6050	0.082	496	C
10	2034	6420	0.082	526	C

Conclusión: La carretera opera a nivel de servicio B hasta el año 7 (2031) y nivel C hasta el año 10 (2034).

En la tabla anterior se puede apreciar que la vía de comunicación operara a Nivel de Servicio B hasta el año 2031 y terminará en Nivel de Servicio C en el año 2034, de lo que se puede concluir, que la carretera operará adecuadamente, a lo largo del horizonte de proyecto.

h) Metas anuales y totales de producción

Las metas anuales de producción del presente caso consisten en la cantidad de viajes que se realizarán con el Proyecto de Inversión. En este sentido, dicho aforo vehicular se puede consultar Tabla No. 12. Proyección de la demanda (TDPA) de la “situación sin proyecto”, que corresponderá a la situación con proyecto, Tabla No. 29.

i) Vida útil

Se estima que la vida útil del Proyecto de inversión denominado “TRABAJOS DE REHABILITACIÓN DE LA CARRETERA ÁLVARO OBREGÓN - SOTO MAYNEZ DEL KM 49+600 AL KM 112+400” tendrá una vida útil de 10 años, por lo que el horizonte de la evaluación es de 11 años, debido a que el primer año es el tiempo que se llevará la ejecución de los trabajos.

Tabla No. 27. Vida Útil del Proyecto de Inversión
(Fuente: Elaboración propia)

VIDA ÚTIL DEL PROYECTO DE INVERSIÓN	
Vida útil en años	El horizonte de evaluación del proyecto es de 11 años, en tanto que la vida útil del proyecto es por un periodo de 10 años, debido a que el primer año es el tiempo que se lleva la ejecución del proyecto.

j) Descripción de los aspectos más relevantes

Estudios Técnicos: El proyecto ejecutivo fue desarrollado conforme a las Normas para la Infraestructura del transporte de la Secretaría de Infraestructura, Comunicaciones y Transportes (NIT-SICT), por lo que desde el punto de vista técnico el proyecto no tiene ningún problema para desarrollarse.

Estudios Legales: Con base en los estudios legales se concluye que se cuenta con la propiedad del derecho de vía y el uso de suelo necesario para llevar a cabo el proyecto, por lo que por la parte legal el proyecto no tiene ningún inconveniente para ejecutarse.

Estudios Ambientales: El resolutivo de la de la Secretaria de Desarrollo Urbano y Ecología del Gobierno del Estado, en relación a la Manifestación de Impacto Ambiental (MIA) establece que debido a que se tratan de trabajos de conservación sobre el camino existente, estos no causan impactos ambientales significativos, por lo que no requiere de una autorización en materia de impacto ambiental, según lo establecido en los artículos 41 y 43 de la Ley de Equilibrio Ecológico y Protección al Medio Ambiente del Estado de Chihuahua y de los artículos 104 y 105 de su Reglamento.

Estudios de Económicos: Desde el punto de vista Económico, considerando los resultados que presenta la Evaluación Costo Beneficio Simplificado (ACBS) del proyecto en estudio, se concluye que el presente Proyecto de Inversión, es factible económica de realizar, así como el tiempo en el cual será recuperada la inversión y se comenzarán a presentar ahorros por efecto del mismo.

k) Análisis de la Oferta

El proyecto contempla trabajos de rehabilitación que se realizarán en una longitud de 43 kilómetros en tramos parciales, en la carretera Álvaro Obregón – Soto Máynez, los cuales serán a diferentes niveles, según el grado de deterioro que presente la estructura del camino.

Tabla No. 28. Características físicas y geométricas de la carretera de la “situación con proyecto”

CONCEPTO	TRAMO DEL KM 49+600 AL KM 112+400
Longitud Tramo (Km)	62.8
Tipo de carretera	D
Tipo de terreno	Plano
Número de carriles	2
Ancho de carril (m)	3.5
Franja Central (m)	No cuenta
Ancho de Calzada (m)	7.0
Ancho de Corona (m)	7.0
Acotamiento	No cuenta
Superficie de Rodamiento	Pavimento asfáltico
Índice de Regularidad Promedio (IRI)	2.697
Estado físico del pavimento	Muy Bueno

Fuente: Elaboración propia con base a las características geométricas de la vía obtenidas en campo.

Se reconstruirán tramos hasta nivel de terracerías, cortando la totalidad de la estructura existente del camino; Para rehabilitar los tramos a nivel carpeta que no presente agrietamiento, se realizará primeramente un fresado de la capa de pavimento existente, se continuará con los trabajos de renivelación y bacheo superficial en tramos aislados, posteriormente se tenderá una carpeta asfáltica; en las zonas que la carpeta asfáltica presente agrietamiento moderado, se realizarán trabajos de bacheo y renivelaciones en tramos aislados, para

posteriormente instalar una geomembrana, sobre la cual se colocará una carpeta de concreto asfáltico, para finalmente, se aplicará la pintura del señalamiento horizontal en los tramos reconstruidos del camino.

Con la implementación del proyecto, se mejoraran las condiciones del pavimento, pasando de un estado físico de “Regular a Malo” con un IRI = 4.693, a un estado físico “Muy Buena” con un IRI de 2.697, reduciendo con ello el Costos Generalizados de Viaje (CGV) de los usuarios de la vía de comunicación.

I) Análisis de la Demanda

Con la implementación del proyecto no se espera un impacto en la demanda de la situación sin proyecto, por lo que para la situación con proyecto se considerara la misma demanda, Un Tránsito Promedio Anual (TDPA) de 3,551 vehículos por día para el año de 2024, un clasificación del 90.8 % de vehículos tipo A, 1.3 % vehículos tipo B, 7.9 % vehículos tipo C (T3-S2) y una tasa de crecimiento anual del 6.1 %, igual a la situación actual.

Tabla No. 29. Proyección de la demanda (TDPA) de la “situación con proyecto”

No.	AÑOS	TDPA (Veh/día)	VEHICULOS A 90.8%	VEHICULOS B 1.3%	VEHICULOS C 7.9%
0	2024	3551	3224	46	281
1	2025	3768	3421	49	298
2	2026	3997	3630	52	316
3	2027	4241	3851	55	335
4	2028	4500	4086	58	355
5	2029	4774	4335	62	377
6	2030	5066	4600	66	400
7	2031	5375	4880	70	425
8	2032	5703	5178	74	451
9	2033	6050	5494	79	478
10	2034	6420	5829	83	507

Fuente: Elaboración propia con base a los aforos de campo y estudio de tráfico.

De acuerdo con la metodología propuesta para la estimación del Costo Generalizado de Viaje (CGV) de la situación sin proyecto, se utilizará el un índice de ocupación por tipo de vehículo, de 2.6 personas para vehículos tipo A, 24.2 personas para vehículos tipo B y 1.9 personas para vehículos tipo C.

Para la proyección de la demanda (TDPA) de la situación con proyecto, a lo largo del horizonte de proyecto evaluado, se consideró la tasa de crecimiento anual de 6.1 %, calculado de la misma forma que se realizó en la situación sin proyecto.

m) Interacción Oferta-Demanda

Una vez desarrollado el proyecto de los trabajos de Rehabilitación, su efecto se reflejará en la **“interacción entre la oferta y la demanda de la situación con proyecto”**, reduciendo con ello el Costo Generalizado de Viaje (CGV), para evaluar el efecto se calcularán estos costos a lo largo del horizonte de proyecto, considerando la proyección de la demanda esperada (TDPA), estimando así el Costo de Operación Vehicular (COV) anual, la velocidad promedio de operación de los vehículos y por consiguiente la valoración del Costo del Tiempo de Recorrido (CTR) anual de los pasajeros que viajan en los vehículos.

En la tabla siguiente se presentan las velocidades promedio de operación obtenidas de los vehículos de la situación con proyecto, las cuales fueron obtenidas para la nueva condición del pavimento (IRI = 2.697), mediante las recomendaciones de la publicación técnica del Instituto Mexicano el Transporte (IMT) No. 756 “Costos de operación base de los vehículos representativos del transporte interurbano 2023”, estas velocidades fueron utilizadas para posteriormente calcular el Costo Generalizado de Viaje (CGV) de la situación con proyecto.

Tabla No. 30. Velocidades promedio de operación de la **“situación con proyecto”**

TIPO DE VEHÍCULO	VELOCIDAD PROMEDIO
Vehículo Ligero (A)	83.67 Km/hr
Autobús (B)	79.61 Km/hr
Camión de Carga (C)	91.97 Km/hr

Fuente: Elaboración propia con base a la publicación técnica No. 756.

Para calcular el Costo de Operación Vehicular (COV) de la situación con proyecto, se recurre a la publicación técnica del Instituto Mexicano el Transporte (IMT) No. 756 *“Costos de operación base de los vehículos representativos del transporte*

interurbano 2023”, que toma como referencia los modelos matemáticos desarrollados por el Banco Mundial, que utiliza un programa de computo denominado *Vehicle Operating Costs* (VOC) adaptando a las características mexicanas, obteniendo así los costos de operación base y los factores de ajuste a estos, según las características de la carretera a estudiar (IRI), los costos de operación base se ajustaron mediante el índice precio productor (IPP) del INEGI a enero del 2024.

Para calcular el Costo de Operación Vehicular (COV) anual de la situación con proyecto, se evaluó un periodo de 10 años, que es el horizonte de proyecto, empleado el TDPA para cada año, con la siguiente ecuación:

$$COV = F_b \times CB \times TDPA \times 365 \times Long.$$

Dónde:

COV Costo de operación vehicular anual, para todos los vehículos en cada año.

F_b Factor de costo de operación base, para el tipo de vehículo, tipo de terreno y estado de la superficie del camino.

CB Costo de operación base del vehículo, obtenida de publicación No. 756 (IMT).

TDPA Transito diario promedio Anual del vehículo.

Para el cálculo del Costo de Tiempo de Recorrido (CTR) de la situación con proyecto se utilizó la información de la nota Técnica No. 207 del Instituto Mexicano el Transporte (IMT), en la que se considera el valor del tiempo de las personas por concepto de trabajo y por placer del año 2024, considerando que del total de los viaje, el 70% son por trabajo y el 30% por placer.

Para evaluar el Costo de Tiempo de Recorrido (CTR) anual de la situación con proyecto, se analizó un periodo de 10 años, que es el horizonte de proyecto, empleado el TDPA para cada año, con la siguiente ecuación:

$$CTR = TDPA \times \text{Indice de Ocup.} \times \text{Factor} \times \text{Costo tiempo} \times 365$$

Dónde:

CTR Costo del Tiempo de Recorrido (CTR) anual

TDPA Transito diario promedio Anual del vehículo.

Factor El Factor por trabajo o placer del objeto del viaje

Costo Tiempo El valor del tiempo de las personas por concepto de trabajo y por placer.

En la tabla siguiente se presentan los resultados del Costo Generalizado de Viaje (CGV) de la situación con proyecto, evaluando al horizonte de proyecto de 10 años.

Tabla No. 31. Costos Generalizados de Viaje (CGV) de la “situación con proyecto” proyectados al horizonte de proyecto.

AÑO	t	Total	Tránsito (Veh/Día)			Costos de Operación Vehicular (\$/km)			Tiempo de Recorrido (Horas)			Costos Totales (Pesos por Año)			
			A	B	C	A	B	C	A	B	C	Situación con Proyecto			
												AÑO	COV	CTR	CGV
2024	0	3551	3224	46	281	7.14	20.27	23.42	0.75	0.79	0.87	2,024	699,588,108	280,722,688	980,310,796
2025	1	3768	3421	49	298	7.14	20.27	23.42	0.75	0.79	0.87	2,025	742,262,982	297,846,772	1,040,109,754
2026	2	3997	3630	52	316	7.14	20.27	23.42	0.75	0.79	0.87	2,026	787,541,024	316,015,425	1,103,556,449
2027	3	4241	3851	55	335	7.14	20.27	23.42	0.75	0.79	0.87	2,027	835,581,027	335,292,366	1,170,873,392
2028	4	4500	4086	58	355	7.14	20.27	23.42	0.75	0.79	0.87	2,028	886,551,469	355,745,200	1,242,296,669
2029	5	4774	4335	62	377	7.14	20.27	23.42	0.75	0.79	0.87	2,029	940,631,109	377,445,657	1,318,076,766
2030	6	5066	4600	66	400	7.14	20.27	23.42	0.75	0.79	0.87	2,030	998,009,607	400,469,842	1,398,479,449
2031	7	5375	4880	70	425	7.14	20.27	23.42	0.75	0.79	0.87	2,031	1,058,888,193	424,898,503	1,483,786,695
2032	8	5703	5178	74	451	7.14	20.27	23.42	0.75	0.79	0.87	2,032	1,123,480,372	450,817,311	1,574,297,684
2033	9	6050	5494	79	478	7.14	20.27	23.42	0.75	0.79	0.87	2,033	1,192,012,675	478,317,167	1,670,329,843
2034	10	6420	5829	83	507	7.14	20.27	23.42	0.75	0.79	0.87	2,034	1,264,725,448	507,494,515	1,772,219,963

Fuente: Elaboración propia

En la tabla anterior se puede apreciar que con el desarrollar el proyecto se presentará una reducción significativa en el Costo Generalizado de Viaje (CGV), lo cual solucionaría la problemática presentada en este estudio.

V. Evaluación del Proyecto de Inversión

a) Identificación, cuantificación y valoración de costos del Proyecto de inversión.

Los costos que se consideraran para el Análisis Costo Beneficio Simplificado (ACBS) de este proyecto son: el monto de la inversión inicial para realizar el proyecto de inversión, consistentes en los trabajos de rehabilitación del pavimento; los costos los costos de mantenimiento y conservación para la situación con proyecto, que corresponden a lo siguiente:

- I. Costos por molestia, que son los que se originan por la construcción de los desvíos en el proceso de la ejecución del proyecto, referentes al incremento en el Costo del Tiempo de Recorrido (CTR) de los pasajeros dentro de los vehículos, ya que se reducen las velocidades.
- II. Costos de la Conservación Rutinario, que incluye básicamente la limpieza general y reparación de pequeños desperfectos de la superficie de rodamiento del tramo, como son bacheos y renivelaciones en tramos aislados, en forma anual, desde el inicio de las operaciones del proyecto hasta terminar su vida útil;
- III. Costos de conservación periódica, que incluye bacheo y renivelación general, además de la colocación de una sobre carpeta asfáltica a la mitad de su vida útil, al 5^{to} año.

Tabla No. 2. Costos de Inversión y Mantenimiento del proyecto

COSTOS DEL PROYECTO	MONTOS (\$)
Inversión inicial (2024)	\$ 161,077,586.21 (Sin IVA)
Costos por molestia (2024)	\$ 51,282,237.25 (Sin IVA)
Conservación Rutinaria (Anual)	\$ 5,675,431.00 (Sin IVA)
Sobre carpeta al 5to año (mitad vida útil)	\$ 32,606,781.00 (Sin IVA)

Fuente: Elaboración propia

b) Identificación, cuantificación y valoración de los beneficios del Proyecto de inversión.

El beneficio directo identificado por el desarrollo de este proyecto, son los ahorros que se obtienen en la reducción del Costo Generalizado de Viaje (CGV) de los vehículos y personas que transitan por la carretera en estudio. Para calcularlo, se realizó la diferencia entre la Situación sin Proyecto y la situación con Proyecto del costo generalizado de viaje (CGV), para cada uno de los años de la vida útil del proyecto, estos ahorros antes mencionados, se pueden apreciar en la Tabla No. 3.

Tabla No. 3. Beneficios Anuales generados por el proyecto de inversión

t	AÑO	AHORROS O BENEFICIOS DIRECTOS		
		CGV SIN PROYECTO	CGV CON PROYECTO	AHORROS EN CGV
0	2024	\$ 1,033,389,857.71	\$ 980,310,795.57	\$ 53,079,062.14
1	2025	\$ 1,096,426,639.03	\$ 1,040,109,754.10	\$ 56,316,884.93
2	2026	\$ 1,163,308,664.01	\$ 1,103,556,449.10	\$ 59,752,214.91
3	2027	\$ 1,234,270,492.51	\$ 1,170,873,392.49	\$ 63,397,100.02
4	2028	\$ 1,309,560,992.55	\$ 1,242,296,669.43	\$ 67,264,323.12
5	2029	\$ 1,389,444,213.10	\$ 1,318,076,766.27	\$ 71,367,446.83
6	2030	\$ 1,474,200,310.10	\$ 1,398,479,449.01	\$ 75,720,861.09
7	2031	\$ 1,564,126,529.01	\$ 1,483,786,695.40	\$ 80,339,833.61
8	2032	\$ 1,659,538,247.28	\$ 1,574,297,683.82	\$ 85,240,563.46
9	2033	\$ 1,760,770,080.37	\$ 1,670,329,842.53	\$ 90,440,237.84
10	2034	\$ 1,868,177,055.27	\$ 1,772,219,962.93	\$ 95,957,092.34

Fuente: Elaboración propia

c) Cálculo de los Indicadores de Rentabilidad

Para evaluar la factibilidad económica de este proyecto se utilizaron los indicadores de rentabilidad recomendados por los LINEAMIENTOS para la elaboración y presentación de los análisis costo y beneficio de los programas y proyectos de inversión, publicados en el Diario Oficial de la Federación, el lunes 30 de diciembre de 2013, los cuales fueron:

- V. Valor Presente Neto (VPN),
- VI. Relación Beneficio - Costo (B/C),
- VII. Tasa Interna de Retorno (TIR) y
- VIII. Tasa de Rentabilidad Inmediata (TRI)

Para analizar los cálculos de los indicadores de rentabilidad, se realizó el flujo de capital del proyecto a lo largo del horizonte de proyecto, es decir, Costos totales del proyecto, como son, el Costo de la Inversión Inicial, Costos por molestia, Los Costos de mantenimiento y los Beneficios generados por el desarrollo del proyecto, que fueron determinados como los ahorros en el Costo Generalizado de Viaje (CGV), cuyos montos se obtuvieron en las Tablas No. 2 y No. 3 respectivamente, los cuales se concentraron en la Tabla No. 32.

Para evaluar los indicadores de rentabilidad se utilizó la Tasa Social de descuento (TSD) de un 10% anual, fijada en el artículo Tercero Transitorio de los INEAMIENTOS para la elaboración y presentación de los análisis costo y beneficio de los programas y proyectos de inversión, y de la Secretaria de Hacienda y Crédito Público (SHCP), publicado en el oficio Circular No. 400.1.410.14.099 del 13 de enero del 2014.

Tabla No. 32. Flujos de capital generados por el proyecto de inversión

AÑO	t	TASA SOCIAL DE DESCUENTO r (%)	TASA DE INCREMENTO ANUAL DE TRAFICO VEHICULAR (%)	BENEFICIOS		FACTOR DE ACTUALIZACION (1+r) ^t	BENEFICIOS A VALOR PRESENTE	COSTOS A VALOR PRESENTE	BENEF - COSTOS A VALOR PRESENTE	COSTO DE INVERSION POR AMORTIZAR (\$)	TRI	BENEF - COSTOS
				AHORRO EN COSTO GENERALIZADO DE VIAJE (\$/año)	COSTOS DE CONSTRUCCION, MOLESTIA Y MANTENIMIENTO							
2024	0				\$ 212,359,823.46	1.000		\$ 212,359,823.46	-\$ 212,359,823	-212,359,823		\$ (212,359,823.46)
2025	1	10.00%	6.10%	\$ 56,316,884.93	\$ 5,675,430.81	1.100	\$ 51,197,168.12	\$ 5,159,482.55	\$ 46,037,686	-166,322,138	23.85%	\$ 50,641,454.12
2026	2	10.00%	6.10%	\$ 59,752,214.91	\$ 5,675,430.81	1.210	\$ 49,381,995.79	\$ 4,690,438.68	\$ 44,691,557	-121,630,581	25.46%	\$ 54,076,784.10
2027	3	10.00%	6.10%	\$ 63,397,100.02	\$ 5,675,430.81	1.331	\$ 47,631,179.58	\$ 4,264,035.17	\$ 43,367,144	-78,263,436	27.18%	\$ 57,721,669.21
2028	4	10.00%	6.10%	\$ 67,264,323.12	\$ 5,675,430.81	1.464	\$ 45,942,437.76	\$ 3,876,395.61	\$ 42,066,042	-36,197,394	29.00%	\$ 61,588,892.32
2029	5	10.00%	6.10%	\$ 71,367,446.83	\$ 38,282,211.31	1.611	\$ 44,313,569.51	\$ 23,770,241.29	\$ 20,543,328	-15,654,066	15.58%	\$ 33,085,235.53
2030	6	10.00%	6.10%	\$ 75,720,861.09	\$ 5,675,430.81	1.772	\$ 42,742,452.05	\$ 3,203,632.73	\$ 39,538,819	23,884,753	32.98%	\$ 70,045,430.28
2031	7	10.00%	6.10%	\$ 80,339,833.61	\$ 5,675,430.81	1.949	\$ 41,227,037.84	\$ 2,912,393.39	\$ 38,314,644	62,199,398	35.16%	\$ 74,664,402.81
2032	8	10.00%	6.10%	\$ 85,240,563.46	\$ 5,675,430.81	2.144	\$ 39,765,351.95	\$ 2,647,630.36	\$ 37,117,722	99,317,119	37.47%	\$ 79,565,132.66
2033	9	10.00%	6.10%	\$ 90,440,237.84	\$ 5,675,430.81	2.358	\$ 38,355,489.47	\$ 2,406,936.69	\$ 35,948,553	135,265,672	39.92%	\$ 84,764,807.03
2034	10	10.00%	6.10%	\$ 95,957,092.34	\$ 5,675,430.81	2.594	\$ 36,995,613.03	\$ 2,188,124.26	\$ 34,807,489	170,073,161	42.51%	\$ 90,281,661.54
							437,552,295.09	267,479,134.19	\$ 170,073,161 = VPN			24.55% = TIR

Fuente: Elaboración propia

I. Valor Presente Neto (VPN)

El Valor Presente Neto (VPN) es la suma de los flujos netos anuales, descontados por la Tasa Social de Descuento (TSD). Para el cálculo del El Valor Presente Neto (VPN), tanto los costos como los beneficios futuros del programa o proyecto de inversión son descontados, utilizando la Tasa Social de Descuento (TSD) para su comparación en un punto en el tiempo o en el "presente". Si el resultado del Valor Presente Neto (VPN) es positivo, significa que los beneficios derivados del programa o proyecto de inversión son mayores a sus costos, el proyecto es rentable. Alternativamente, si el resultado del Valor Presente Neto (VPN) es negativo, significa que los

costos del programa o proyecto de inversión son mayores a sus beneficios, lo que indicará que el proyecto no es rentable.

La fórmula del Valor Presente Neto (VPN) es:

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

Dónde:

B_t Son los Beneficios totales en el año t

C_t Son los Costos totales en el año t

n Número de años en el horizonte de evaluación

r Es la Tasa Social de Descuento (TSD)

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

De la tabla No. 32, se puede apreciar que se llevó a Valor Presente los Beneficios y los Costos, por lo que para calcular el Valor Presente Neto (VPN) sería:

$$VPN = \text{Valor Presente de Beneficios (VPB)} - \text{Valor Presente de los Costos (VPC)}$$

$$VPN = \$ 437,552,295.09 - 267,479,134.19 = \$ 170,073,160.9$$

$$VPN = \$ 170,073,160.9 > 0 \text{ por lo que el proyecto es rentable}$$

II. Relación Beneficio - Costo (B/C)

El método consiste en obtener la relación del valor actualizado de los beneficios que genera el proyecto entre el valor actualizado de los erogaciones (costos) hechas por el proyecto. Si la relación $B/C > 1$, el proyecto es rentable (Si es Factible), pero si la relación $B/C < 1$, el proyecto no es rentable (NO es factible económicamente).

La fórmula de la relación Beneficio – Costo (B/C) es:

$$B/C = \frac{\sum_{t=0}^n B_t(1 + r)^{-t}}{\sum_{t=0}^n C_t(1 + r)^{-t}}$$

Dónde:

- B_t Son los Beneficios totales en el año t
- C_t Son los Costos totales en el año t
- n Número de años en el horizonte de evaluación
- r Es la Tasa Social de Descuento (TSD)
- t Año calendario en donde el año 0 será el inicio de las erogaciones

De la tabla No. 32, se puede apreciar que se llevó a Valor Presente los Beneficios y los Costos, por lo que para calcular la relación B/C sería:

$$B/C = \frac{\$ 437,552,295.09}{\$ 267,479,134.19} = 1.64 > 1 \text{ el Proyecto es rentable}$$

III. Tasa Interna de Retorno (TIR)

La Tasa Interna de Retorno (TIR) se define como la tasa de descuento que hace que el Valor Presente Neto (VNP) de un programa o proyecto de inversión sea igual a cero. Esto es económicamente equivalente a encontrar el punto de equilibrio de un programa o proyecto de inversión, es decir, el valor presente de los beneficios netos del programa o proyecto de inversión es igual a cero y se debe comparar contra una tasa de retorno deseada.

La TIR se calcula de acuerdo con la siguiente fórmula:

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

Dónde:

- B_t Son los Beneficios totales en el año t
- C_t Son los Costos totales en el año t
- n Número de años en el horizonte de evaluación
- TRI Tasa interna de Retorno, para VPN = 0
- t Año calendario en donde el año 0 será el inicio de las erogaciones

Para encontrar la Tasa Interna de Retorno (TIR) se calculó el valor del Valor Presente Neto (VPN) para diferentes tasa de descuento, cuyos valores se graficaron en la Figura No. 9, en la cual se puede apreciar, cómo el Valor

Presente Neto (VPN) se va reduciendo, hasta hacerse un valor negativo, de ahí se puede inferir que para una tasa del 24.55 %, el Valor Presente Neto (VPN) se hace cero, por lo éste valor corresponde a la Tasa Interna de Retorno (TIR).

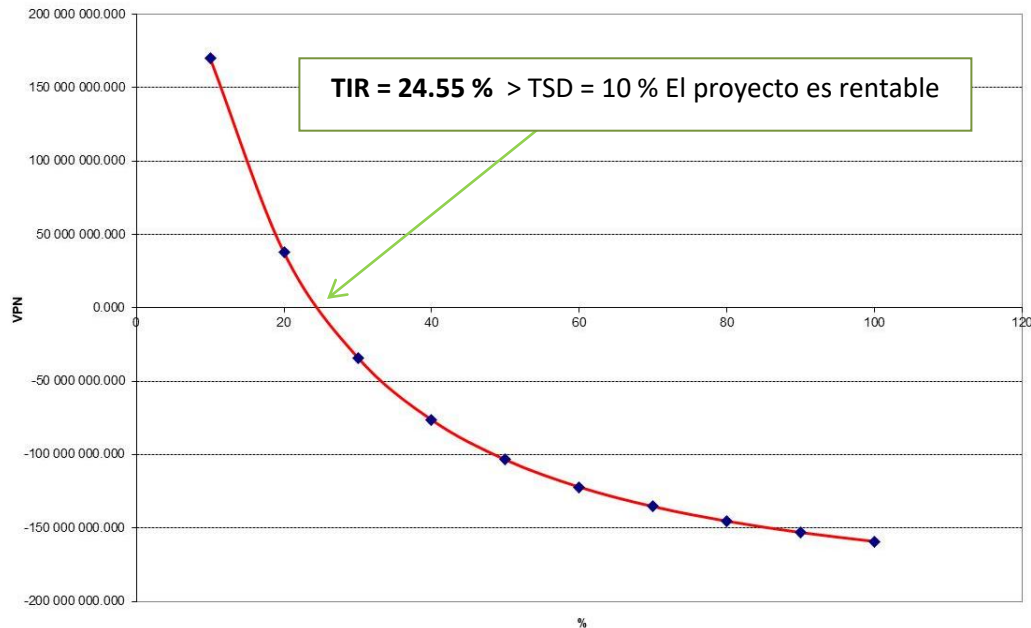


Figura No. 9. Variación del Valor Presente Neto (VPN) del proyecto de Inversión (Fuente: Elaboración propia)

De la gráfica anterior se puede concluir que:

La Tasa Interna de Retorno (TIR) = 24.55 % > 10 % (TSD) el proyecto es rentable o factible.

IV. Tasa de Rentabilidad Inmediata (TRI)

La Tasa de Rentabilidad Inmediata (TRI) es un indicador de rentabilidad que permite determinar el momento óptimo para la entrada en operación de un programa o proyecto de inversión con beneficios crecientes en el tiempo. A pesar de que el Valor Presente Neto (VPN) sea positivo para el programa o proyecto de inversión, en algunos casos puede ser preferible postergar su ejecución.

La TRI se calcula de acuerdo con la siguiente fórmula:

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

Dónde:

B_{t+1} Es el beneficio total en el año t+1

C_{t+1} Es el costo total en el año t+1

I_t Monto total de inversión valuado al año t (inversión acumulada hasta el periodo t)

t Año anterior al primer año de operación

t+1 Primer año de operación

De la Tabla 31, Aplicando la ecuación tenemos:

$$TRI = \frac{\$ 56,316,884.93 - \$ 5,675,430.81}{\$ 212,359,823.46} = 23.85 \% > 10 \% (TSD)$$

por lo que es el momento óptimo de poner en operación el proyecto

En la Siguiete tabla se resumen los indicadores analizados en este apartado del estudio, resultando de la evaluación Económica del Proyecto de Inversión, por lo que se puede concluir que, el desarrollo del proyecto planteado **es rentable desde el punto de vista Económico y Social.**

Tabla No. 4. Indicadores de rentabilidad generados por el proyecto de inversión

INDICADORES DE RENTABILIDAD	
INDICADOR	VALOR
Valor Presente Neto (VPN)	\$ 170,073,160.90
Relación Beneficio – Costo (B/C)	1.64
Tasa interna de retorno (TIR)	24.55 %
Tasa de Rentabilidad Inmediata (TRI)	23.85 %

Fuente: Elaboración propia

d) Análisis de sensibilidad

Para realizar el análisis de Sensibilidad, se seleccionaron los indicadores de rentabilidad, con el objetivo de **analizar la rentabilidad del proyecto** con diferentes escenarios, para **mostrar el impacto** de las variables relevantes en la evaluación del proyecto de inversión, y su valor en el cual el Valor Presente Neto (VNP) es igual a cero y finalmente, resumir de forma concreta las principales conclusiones del análisis de sensibilidad. Para este análisis se consideraron como variables más relevantes al monto de la inversión, los costos de mantenimiento y los beneficios del proyecto.

Se analizaron diferentes “**escenarios desfavorables al proyecto**”, incrementando el costo de inversión y mantenimiento de un 10 % a un 40% y reduciendo los beneficios de 10 a 30 %, con el fin de evaluar el efecto que se tendría en la rentabilidad del proyecto. Los resultados obtenidos sobre el análisis de Sensibilidad de los indicadores de rentabilidad se muestran las tablas siguientes:

Tabla No. 33. Análisis de Sensibilidad de Monto de Inversión (Fuente: Elaboración propia)

VARIABLE	VARIACIÓN RESPECTO A SU VALOR ORIGINAL	IMPACTO SOBRE EL INDICADOR DE RENTABILIDAD	
INVERSIÓN INICIAL	+ 10 %	VPN =	\$ 148,837,178.55
		B/C =	1.52
		TIR =	21.83 %
		TRI =	21.68 %
	+ 20 %	VPN =	\$ 127,601,196.21
		B/C =	1.41
		TIR =	19.49 %
		TRI =	19.87 %
	+ 30%	VPN =	\$ 106,365,213.86
		B/C =	1.32
		TIR =	17.44 %
		TRI =	18.34 %
	+ 40 %	VPN =	\$ 85,129,231.51
		B/C =	1.24
		TIR =	15.63 %
		TRI =	17.03 %

El análisis de Sensibilidad de la Tabla No. 33, en donde se ha aumentado de un 10 % hasta un 40 % el monto de la inversión, el proyecto continuará siendo rentable económicamente. Asimismo, con una variación porcentual de 180.5 % del monto de la inversión, el Valor Presente Neto (VPN) sería igual a cero, con una inversión de \$ 383,309,481.35, una Tasa Interna de Retorno de (TIR) de 9.95 % y una Tasa de Rentabilidad Inmediata (TRI) del 13.21 %.

Tabla No. 34. Análisis de Sensibilidad del Monto de Mantenimiento
(Fuente: Elaboración propia)

VARIABLE	VARIACIÓN RESPECTO A SU VALOR ORIGINAL	IMPACTO SOBRE EL INDICADOR DE RENTABILIDAD	
MANTENIMIENTO	+ 10 %	VPN =	\$ 164,561,229.82
		B/C =	1.6
		TIR =	24.12 %
		TRI =	23.58 %
	+ 20 %	VPN =	\$ 159,049,298.75
		B/C =	1.57
		TIR =	23.68 %
		TRI =	23.31 %
	+ 30 %	VPN =	\$ 153,537,367.68
		B/C =	1.54
		TIR =	23.24 %
		TRI =	23.05 %
	+ 40 %	VPN =	\$ 148,025,436.61
		B/C =	1.51
		TIR =	22.79 %
		TRI =	22.78 %

En el análisis de Sensibilidad de la Tabla No. 34, en donde se ha aumentado de un 10 % hasta un 40% el monto de Mantenimiento, el proyecto continuará siendo rentable económicamente. Asimismo, con una variación porcentual de 409 % del monto de Mantenimiento, el Valor Presente Neto (VPN) sería igual a cero, una Tasa Interna de Retorno de (TIR) de 10.0 % y una Tasa de Rentabilidad Inmediata (TRI) del 15.60 %.

Tabla No. 35. Análisis de Sensibilidad de los Beneficios del Proyecto
(Fuente: Elaboración propia)

VARIABLE	VARIACIÓN RESPECTO A SU VALOR ORIGINAL	IMPACTO SOBRE EL INDICADOR DE RENTABILIDAD	
BENEFICIOS	-10 %	VPN =	\$ 126,317,931.39
		B/C =	1.50
		TIR =	21.10 %
		TRI =	21.20 %
	-20 %	VPN =	\$ 82,562,701.88
		B/C =	1.30
		TIR =	17.49 %
		TRI =	18.54 %
	-30%	VPN =	\$ 38,807,472.37
		B/C =	1.10
		TIR =	13.65 %
		TRI =	15.89 %

En el análisis de Sensibilidad de la Tabla No. 35, en donde se reducen de un 10 % hasta un 30 % los beneficios generados por el proyecto, el proyecto continuará siendo rentable económicamente. Asimismo, con una variación porcentual de -39 % de los beneficios, el Valor Presente Neto (VPN) sería igual a cero, una Tasa Interna de Retorno de (TIR) de 9.86 % y una Tasa de Rentabilidad Inmediata (TRI) del 13.45 %.

e) Análisis de riesgos

En este apartado se identificaron los principales riesgos asociados al Proyecto de Inversión, en sus etapas de ejecución y operación, dichos riesgos, se calificaron con base en la factibilidad de su ocurrencia y analizando sus impactos, en un escenario Optimista, medio y pesimista, así como la emisión de acciones necesarias para su mitigación, con el fin de reducir el impacto al mínimo en el desarrollo y operación del proyecto de inversión.

Tabla No. 36. Análisis de Riesgo del Proyecto (Fuente: Elaboración propia)

RIESGOS	IMPACTO EN EL PROYECTO			PROBABILIDAD DE OCURRENCIA (%)		
	Optimista	Medio	Pesimista	Optimista	Medio	Pesimista
Retraso en el proceso de licitación.	5%	25%	35%	10%	40%	45%
Retraso en los trabajos de Rehabilitación de la carretera.	10%	30%	40%	10%	30%	40%
Retraso en la obtención de permisos	10%	30%	40%	5%	20%	30%
Fallas relacionadas con la calidad del servicio.	20%	25%	60%	15%	20%	40%

Analizando los posibles riesgos del proyecto de la Tabla No.36, en la siguiente tabla se presentan las medidas de mitigación que se definieron con el fin de minimizar los impactos de los riesgos identificados en el desarrollo del proyecto de inversión.

Tabla No. 37. Medidas de mitigación de los riesgos (Fuente: Elaboración propia)

RIESGOS	MEDIDA DE MITIGACIÓN
Retraso en el proceso de licitación.	Revisar con tiempo los trámites administrativos correspondientes.
Retraso en los trabajos de Rehabilitación de la carretera.	Elegir a un proveedor del servicio que demuestre capacidad de respuesta.
Retraso en la obtención de permisos.	Realizar con tiempo los trámites administrativos correspondientes.
Fallas relacionadas con la calidad del servicio.	Revisar que los trabajos se realicen de acuerdo a la normativa vigente.

VI. Conclusiones y Recomendaciones

De acuerdo con la evolución desarrollada en el presente documento, sobre la Rehabilitación de la Carretera Álvaro Obregón – Soto Máynez en su tramo del Km 49+600 al Km 112+400, el desarrollo del proyecto soluciona completamente la problemática presentada. Con la ejecución del proyecto de inversión, se reduce considerablemente el Costo Generalizado de Viaje (CGV), beneficiando directamente a los usuarios de esta vía, incrementando la velocidad promedio de operación de los vehículos y por consiguiente, una reducción del Costo de Tiempo de Recorrido (CTR) anual de los pasajeros que viajan en los vehículos, además de reducir el Costo de Operación Vehicular (COV).

Con la Rehabilitación de la carretera Álvaro Obregón – Soto Máynez en su tramo del Km 49+600 al Km 112+400, se verán beneficiados los habitantes de esta región del este de Chihuahua, mejorando sustancialmente las condiciones de operación de esta vía de comunicación.

Los principales beneficios que se tendrán con la Rehabilitación de esta obra son:

- Aumento en las velocidades de operación de los diferentes tipos de usuarios.
- Reducción en los tiempos de recorrido.
- Reducción en los costos de operación de los diferentes tipos de vehículos.
- Reducción en el Costo Generalizado de Viaje (CGV).
- Disminución en los niveles de contaminación auditiva y del aire.
- Operación más segura para los usuarios, al reducirse significativamente la posibilidad de accidentes.
- Mejora del nivel de servicio.

Además se considera que esta proyecto de rehabilitación vial, es económicamente rentable, ya que el monto del Valor Presente Neto (VPN) es de \$ 170,073,160.90 el cual es mayor a cero, lo que indica que el proyecto es rentable o factible. La relación Beneficio – Costo (B/C) es de 1.64 mayor a uno, lo que indica que el proyecto es rentable. La Tasa Interna de Retorno (TIR) es de 24.65 %, mayor a la Tasa Social de Descuento (TSD) que es del 10 %, el proyecto es rentable y por último la Tasa de Rentabilidad Inmediata (TRI) es de 23.85 %, mayor a la Tasa Social de Descuento (TSD) que es del 10 %, lo que indica que es el

momento óptimo de realizar la inversión del proyecto. Por lo expuesto anteriormente se puede concluir que el Proyecto de Inversión es factible desde el punto de vista económico y social.

De acuerdo con los Indicadores de Rentabilidad obtenidos en el presente estudio, **se recomienda la realización del Proyecto de Inversión**, de acuerdo con los indicadores obtenidos en el presente estudio.

VII. Anexos

NÚMERO DEL ANEXO	CONCEPTO DEL ANEXO	DESCRIPCIÓN
Anexo A	Costos de Operación Base de Vehículos 2023	Tablas de Costos de Operación y Velocidades de vehículos 2023, anexo a este documento.
Anexo B	Estudio de Tránsito	Contiene el Estudio de Ingeniería de tránsito, Archivo Digital.
Anexo C	Costo Generalizado de Viaje Situación Actual	Memoria de Cálculo CGV Situación Actual, Archivo Digital.
Anexo D	Cotos Por Molestia	Memoria de Cálculo Costos por Molestia, Archivo Digital.
Anexo E	Estudio ACBS	Memoria de Cálculo con los Costos, Beneficios e Indicadores de Rentabilidad del Proyecto, Archivo Digital.
Anexo F	Análisis del Costo Anual Equivalente (CAE)	Memoria Análisis del Costo Anual Equivalente (CAE), Archivo Digital.
Anexo G	Análisis de Sensibilidad	Memoria de Cálculo del Análisis de Sensibilidad, Archivo Digital.
Anexo H	Nivel de Servicio de la Vía y su Proyección	Memoria de Cálculo del Nivel de Servicio de la Vía y su Proyección, Archivo Digital.

Anexo A

Costos de Operación Base de los Vehículos Representativos del Transporte Interurbano 2023

Tabla No. 38. Costo de Operación Base de Vehículo Ligero (Vehículo tipo A 2023)
(Fuente: Publicación Técnica No. 756 IMT)

URVAN Nissan, con motor de 139 HP
Llantas Firestone convencionales

Consumos, por cada 1,000 veh-km

Consumo de combustible	litros	172.08
Uso de lubricantes	litros	1.85
Consumo de llantas	Núm. llantas nuevas equivalentes	0.06
Tiempo de operador	horas	10.68
Mano de obra de mantenimiento	horas	2.18
Refacciones	% precio vehiculo nuevo	0.15
Depreciación	% precio vehiculo nuevo	0.30
Intereses (tasa 4.75%)	% precio vehiculo nuevo	0.05

Costos unitarios en pesos, precios 2023

Precio de vehículo nuevo	\$	424 941.19
Costo de combustible	\$/litro	18.79
Costo de lubricantes	\$/litro	44.83
Costo de llanta nueva	\$/llanta	1 120.69
Tiempo de operador	\$/hora	36.64
Mano de obra de mantenimiento	\$/hora	33.63
Tasa de interés anual	%	5.29
Costos indirectos por veh-km	\$	0.60

Costo de operación base (pesos, por veh-km) \$ 6.57

Consumo de combustible	\$	3 233.33
Uso de lubricantes	\$	83.01
Consumo de llantas	\$	67.07
Tiempo de operador	\$	391.43
Mano de obra de mantenimiento	\$	73.26
Refacciones	\$	625.59
Depreciación	\$	1 294.84
Interés	\$	205.49
Costos indirectos	\$	600.00

Fuente: Elaboración propia, derivada de la información de precios e insumos, así como, del software VOC (versión 4.0), para el Vehículo Ligero.

Tabla No. 39. Costo de Operación Base de Autobús (Vehículo tipo B 2023)
(Fuente: Publicación Técnica No. 756 IMT)

Autobús integral foráneo, con motor SCANIA DC12 02 EPA de 380 HP
Sin aire acondicionado
Llantas 1100-22.00 normal

Consumos, por cada 1,000 veh-km

Consumo de combustible	litros	398.63
Uso de lubricantes	litros	3.37
Consumo de llantas	Núm. llantas nuevas equivalentes	0.26
Tiempo de operador	horas	11.47
Mano de obra de mantenimiento	horas	11.06
Refacciones	% precio vehiculo nuevo	0.13
Depreciación	% precio vehiculo nuevo	0.05
Intereses (tasa 4.75%)	% precio vehiculo nuevo	0.01

Costos unitarios en pesos, precios 2023

Precio de vehiculo nuevo	\$	2 394 428.00
Costo de combustible	\$/litro	20.33
Costo de lubricantes	\$/litro	45.69
Costo de llanta nueva	\$/llanta	3 043.11
Tiempo de operador	\$/hora	97.42
Mano de obra de mantenimiento	\$/hora	87.94
Tasa de interés anual	%	5.29
Costos indirectos por veh-km	\$	1.58

Costo de operación base (pesos, por veh-km) \$ 17.39

Consumo de combustible	\$	8 104.10
Uso de lubricantes	\$	154.05
Consumo de llantas	\$	793.74
Tiempo de operador	\$	1 117.13
Mano de obra de mantenimiento	\$	972.44
Refacciones	\$	3 199.10
Depreciación	\$	1 209.46
Interés	\$	255.92
Costos indirectos	\$	1 580.00

Fuente: Elaboración propia, derivada de la información de precios e insumos, así como, del software VOC (versión 4.0), para el Autobús.

Tabla No. 40. Costo de Operación Base de Camión de Carga T3-S2 (Vehículo tipo C 2023)
(Fuente: Publicación Técnica No. 756 IMT)

Tractocamión de tres ejes INTERNATIONAL 9200i con MOTOR CUMMINS ISX de 450 HP

Semirremolque de dos ejes, tipo caja de aluminio de 40 pies

Llantas 1100-20.00 normal

Consumos, por cada 1,000 veh-km

Consumo de combustible	litros	483.92
Uso de lubricantes	litros	5.45
Consumo de llantas	Núm. llantas nuevas equivalentes	0.33
Tiempo de operador	horas	11.48
Mano de obra de mantenimiento	horas	30.48
Refacciones	% precio vehiculo nuevo	0.27
Depreciación	% precio vehiculo nuevo	0.05
Intereses (tasa 4.75%)	% precio vehiculo nuevo	0.01

Costos unitarios en pesos, precios 2023

Precio de vehículo nuevo	\$	1 280 074.00
Costo de combustible	\$/litro	20.33
Costo de lubricantes	\$/litro	45.69
Costo de llanta nueva	\$/llanta	2 844.83
Tiempo de operador	\$/hora	77.59
Mano de obra de mantenimiento	\$/hora	62.07
Tasa de interés anual	%	5.29
Costos indirectos por veh-km	\$	1.81

Costo de operación base (pesos, por veh-km) \$ 19.94

Consumo de combustible	\$	9 838.00
Uso de lubricantes	\$	249.09
Consumo de llantas	\$	942.82
Tiempo de operador	\$	890.49
Mano de obra de mantenimiento	\$	1 891.76
Refacciones	\$	3 495.06
Depreciación	\$	679.13
Interés	\$	143.70
Costos indirectos	\$	1 810.00

Fuente: Elaboración propia, derivada de la información de precios e insumos, así como, del software VOC (versión 4.0), para el T3-S2.

Tabla No. 41. Velocidades y Costos de Operación de Vehículo Ligero (Vehículo tipo A)
(Fuente: Publicación Técnica No. 756 IMT)

Tabla 3.19 Velocidad de Operación-Vehículo Ligero
Valores calculados en km/h (2023)

IIR	Plano	Lomerío	Montañoso
2	84.33	66.71	51.76
4	82.44	65.94	51.46
6	78.03	64.08	50.75
8	71.39	60.90	49.48
10	63.87	56.69	47.58
12	56.69	52.01	45.17

Nota 1: Columnas: diferentes tipos de terreno.

Nota 2: Renglones: Índice de Regularidad Internacional en m/km.

Fuente: Elaboración propia, derivada de la información de precios e insumos para el Vehículo Ligero.

Tabla 3.20 Costos de Operación-Vehículo Ligero
Valores calculados en pesos por veh-km (2023)

IIR	Caso base	Plano	Lomerío	Montañoso
2	6.57	6.85	7.58	8.59
4	6.95	7.24	7.98	8.98
6	7.45	7.76	8.52	9.51
8	8.16	8.49	9.26	10.24
10	9.17	9.50	10.27	11.22
12	10.30	10.63	11.37	12.29

Nota 1: Columnas: diferentes tipos de terreno.

Nota 2: Renglones: Índice de Regularidad Internacional en m/km.

Fuente: Elaboración propia, derivada de la información de precios e insumos para el Vehículo Ligero.

Tabla 3.21 Factores del Costo Base-Vehículo Ligero
(adimensional)

IIR	Caso base	Plano	Lomerío	Montañoso
2	1.00	1.04	1.15	1.31
4	1.06	1.10	1.21	1.37
6	1.13	1.18	1.30	1.45
8	1.24	1.29	1.41	1.56
10	1.40	1.45	1.56	1.71
12	1.57	1.62	1.73	1.87

Nota 1: Columnas: diferentes tipos de terreno.

Nota 2: Renglones: Índice de Regularidad Internacional en m/km.

Fuente: Elaboración propia, derivada de la información de precios e insumos para el Vehículo Ligero.

Tabla No. 42. Velocidades y Costos de Operación de Autobús (Vehículo tipo B)
(Fuente: Publicación Técnica No. 756 IMT)

Tabla 3.16 Velocidad de Operación-Autobús Foráneo
Valores calculados en km/h (2023)

IIR	Plano	Lomerío	Montañoso
2	80.14	62.78	47.79
4	78.61	62.12	47.52
6	74.44	60.45	46.94
8	67.63	57.38	45.82
10	59.82	53.14	44.07
12	52.50	48.40	41.77

Nota 1: Columnas: diferentes tipos de terreno.

Nota 2: Renglones: Índice de Regularidad Internacional en m/km.

Fuente: Elaboración propia, derivada de la información de precios e insumos para el Autobús.

Tabla 3.17 Costos de Operación-Autobús Foráneo
Valores calculados en pesos por veh-km (2023)

IIR	Caso base	Plano	Lomerío	Montañoso
2	17.39	19.60	24.63	30.45
4	18.07	20.33	25.45	31.32
6	18.69	21.02	26.32	32.27
8	19.40	21.77	27.26	33.33
10	20.40	22.74	28.32	34.50
12	21.73	24.01	29.58	35.84

Nota 1: Columnas: diferentes tipos de terreno.

Nota 2: Renglones: Índice de Regularidad Internacional en m/km.

Fuente: Elaboración propia, derivada de la información de precios e insumos para el Autobús.

Tabla 3.18 Factores del Costo Base-Autobús Foráneo
(adimensional)

IIR	Caso base	Plano	Lomerío	Montañoso
2	1.00	1.13	1.42	1.75
4	1.04	1.17	1.46	1.80
6	1.07	1.21	1.51	1.86
8	1.12	1.25	1.57	1.92
10	1.17	1.31	1.63	1.98
12	1.25	1.38	1.70	2.06

Nota 1: Columnas: diferentes tipos de terreno.

Nota 2: Renglones: Índice de Regularidad Internacional en m/km.

Fuente: Elaboración propia, derivada de la información de precios e insumos para el Autobús.

Tabla No. 43. Velocidades y Costos de Operación de Camión de Carga T3-S2 (Vehículo tipo C)
(Fuente: Publicación Técnica No. 756 IMT)

Tabla 3.4 Velocidad de Operación-Camión Articulado (T3-S2)
Valores calculados en km/h (2023)

IIR	Plano	Lomerío	Montañoso
2	73.33	51.04	37.88
4	69.42	50.12	37.57
6	59.93	47.45	36.76
8	49.29	42.90	35.12
10	40.75	37.72	32.70
12	34.41	32.94	29.91

Nota 1: Columnas: diferentes tipos de terreno.

Nota 2: Renglones: Índice de Regularidad Internacional en m/km.

Fuente: Elaboración propia, derivada de la información de precios e insumos para el T3-S2.

Tabla 3.5 Costos de Operación-Camión Articulado (T3-S2)
Valores calculados en pesos por veh-km (2023)

IIR	Caso base	Plano	Lomerío	Montañoso
2	19.94	22.41	28.58	35.76
4	21.24	23.91	30.23	37.45
6	22.59	25.39	31.90	39.16
8	24.49	27.20	33.70	40.96
10	26.75	29.34	35.67	42.88
12	29.19	31.69	37.82	44.92

Nota 1: Columnas: diferentes tipos de terreno.

Nota 2: Renglones: Índice de Regularidad Internacional en m/km.

Fuente: Elaboración propia, derivada de la información de precios e insumos para el T3-S2.

Tabla 3.6 Factores del Costo Base-Camión Articulado (T3-S2)
(adimensional)

IIR	Caso base	Plano	Lomerío	Montañoso
2	1.00	1.12	1.43	1.79
4	1.07	1.20	1.52	1.88
6	1.13	1.27	1.60	1.96
8	1.23	1.36	1.69	2.05
10	1.34	1.47	1.79	2.15
12	1.46	1.59	1.90	2.25

Nota 1: Columnas: diferentes tipos de terreno.

Nota 2: Renglones: Índice de Regularidad Internacional en m/km.

Fuente: Elaboración propia, derivada de la información de precios e insumos para el T3-S2.

VIII. Bibliografía

- I. Costos de operación base de los vehículos representativos del transporte interurbano 2023. Publicación Técnica No. 756. Instituto Mexicano del Transporte.
- II. Estimación del valor del tiempo de los ocupantes de los vehículos que circulan por la red carretera de México, 2023. Nota Técnica No. 201. Instituto Mexicano del Transporte.
- III. Guía para la obtención de los insumos necesarios para la evaluación económica de proyectos de infraestructura carretera, 2016. Publicación Técnica No. 485. Instituto Mexicano del Transporte.
- IV. Guía general para la presentación de estudios de evaluación socioeconómica de programas y proyectos de inversión: análisis costo-beneficio, actualización 2015. Centro de estudios para la Preparación y Evaluación Socioeconómica de Proyectos (CEPEP).
- V. Guía general para la presentación de estudios de evaluación socioeconómica de programas y proyectos de inversión Actualización. Centro de Estudios para la Preparación y Evaluación Socioeconómica de Proyectos. Centro de estudios para la Preparación y Evaluación Socioeconómica de Proyectos (CEPEP), 2013.
- VI. Lineamientos para la elaboración y presentación de los análisis costo y beneficio de los programas y proyectos de inversión. Diario Oficial de la Federación. 30 de diciembre de 2013.
- VII. Metodología general para la evaluación de proyectos. Centro de Estudios para la Preparación y Evaluación Socioeconómica de Proyectos. Centro de estudios para la Preparación y Evaluación Socioeconómica de Proyectos (CEPEP), 2008.
- VIII. Metodología global de las etapas que componen el ciclo de inversiones. Secretaría de Hacienda y Crédito Público (SHCP), 2012.