

# **ANÁLISIS COSTO-BENEFICIO PARA LA RECONSTRUCCIÓN DEL TRAMO CARRETERO LA MULA - OJINAGA**



**CHIHUAHUA, CHIH., AGOSTO DE 2024**

# Contenido

<b>I.</b>	<b>RESUMEN EJECUTIVO .....</b>	<b>3</b>
<b>II.</b>	<b>SITUACIÓN ACTUAL DEL PROYECTO DE INVERSIÓN .....</b>	<b>11</b>
A)	DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL .....	11
B)	ANÁLISIS DE LA OFERTA EXISTENTE .....	13
C)	ANÁLISIS DE LA DEMANDA ACTUAL .....	14
D)	INTERACCIÓN DE LA OFERTA-DEMANDA.....	25
<b>III.</b>	<b>SITUACIÓN SIN EL DEL PROYECTO DE INVERSIÓN .....</b>	<b>30</b>
A)	OPTIMIZACIONES .....	30
B)	ANÁLISIS DE LA OFERTA .....	31
C)	ANÁLISIS DE LA DEMANDA .....	31
D)	DIAGNÓSTICO DE LA INTERACCIÓN OFERTA-DEMANDA.....	33
E)	ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN.....	35
<b>IV.</b>	<b>SITUACIÓN CON EL PROYECTO DE INVERSIÓN .....</b>	<b>39</b>
A)	DESCRIPCIÓN GENERAL.....	39
B)	ALINEACIÓN ESTRATÉGICA .....	40
C)	LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA .....	43
D)	CALENDARIO DE ACTIVIDADES .....	44
E)	MONTO TOTAL DE INVERSIÓN .....	44
F)	FUENTES DE FINANCIAMIENTO .....	45
G)	CAPACIDAD INSTALADA .....	45
H)	METAS ANUALES Y TOTALES DE PRODUCCIÓN .....	48
I)	VIDA ÚTIL .....	48
J)	DESCRIPCIÓN DE LOS ASPECTOS MÁS RELEVANTES .....	48
K)	ANÁLISIS DE LA OFERTA .....	49
L)	ANÁLISIS DE LA DEMANDA.....	50
M)	INTERACCIÓN OFERTA-DEMANDA.....	51
<b>V.</b>	<b>EVALUACIÓN DEL PROYECTO DE INVERSIÓN .....</b>	<b>54</b>
A)	IDENTIFICACIÓN, CUANTIFICACIÓN Y VALORACIÓN DE COSTOS DEL PROYECTO DE INVERSIÓN. ....	54
B)	IDENTIFICACIÓN, CUANTIFICACIÓN Y VALORACIÓN DE LOS BENEFICIOS DEL PROYECTO DE INVERSIÓN.....	55
C)	CÁLCULO DE LOS INDICADORES DE RENTABILIDAD .....	55
D)	ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD .....	61
E)	ANÁLISIS DE RIESGOS .....	64
<b>VI.</b>	<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....</b>	<b>60</b>
<b>VII.</b>	<b>ANEXOS.....</b>	<b>67</b>
<b>VIII.</b>	<b>BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>75</b>

# I. Resumen Ejecutivo

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

### Nombre del Proyecto de Inversión

Análisis Costo – Beneficio para los trabajos de Reconstrucción del tramo Carretero La Mula – Ojinaga, del Km 199+000 al Km 238+000, ubicado en el municipio de Ojinaga, Chih.

### Localización del Proyecto de Inversión

El tramo de la Carretera **La Mula - Ojinaga** tiene su origen en el Km 199+000 en la comunidad de Potero del Llano (La Mula), en el municipio de Ojinaga, Chih., y concluye en el Km 238+000 en la cabecera municipal de Ojinaga, Chih., y se localiza en las siguientes coordenadas geográficas:

- Km 199+00: Latitud: **29°11'3.96"N** y Longitud: **104°27'42.59"O**
- Km 238+000: Latitud: **29° 31'7.81"N** y Longitud: **104°25'22.31"O**

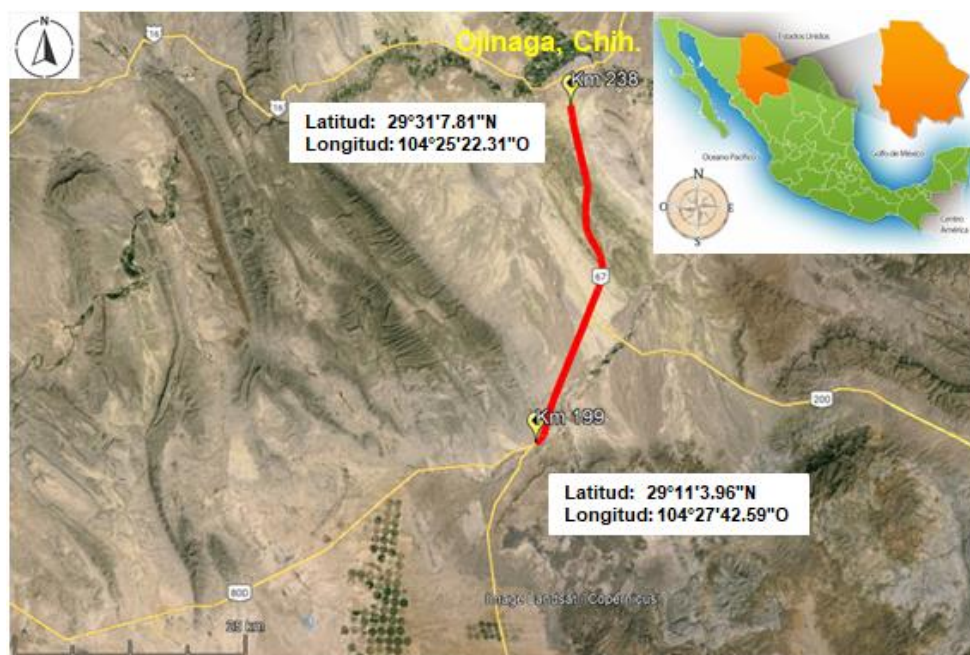


Figura No. 01. Localización geográfica del proyecto objeto de estudio  
(Fuente: Elaboración propia)

## Monto de la Inversión del Proyecto

El monto total de inversión del proyecto asciende a **\$ 85,316,583.64** con IVA incluido. Este monto se ejercerá en el año 2024 y sus principales componentes son: Trabajos de Conservación Rutinaria, Conservación Periódica y Señalamiento y Dispositivos de Seguridad. En la Tabla No.1 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)

PARTIDAS	MONTOS
Trabajos de conservación rutinaria	\$7,119,210.00
Trabajos de conservación periódica	\$61,069,585.00
Señalamiento y dispositivos de seguridad	\$5,359,984.00
Sub-Total	\$73,548,779.00
16% I.V.A.	\$11,767,804.64
<b>Total</b>	<b>\$85,316,583.64</b>

## Objetivo del Proyecto de Inversión

El objetivo de los trabajos de Reconstrucción de la Carretera La Mula - Ojinaga en su tramo del Km 199+000 al Km 238+000, 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 operación de la Carretera La Mula - Ojinaga, es de que se están presentado **Altos Costos Generalizados de Viaje** (CGV = 434.70 MDPA), esto debido al grado de deterioro que presenta la superficie del pavimento (IRI = 6.0), originando con esta situación un **Alto Costo de Operación Vehicular** (COV = 310.77 MDPA), repercutiendo en bajas velocidades de los vehículos e incrementando con ello el **Costo del Tiempo de Recorrido** (CTR = 123.93 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 Costo Generalizado de Viaje (CGV)**.

---

## **Breve descripción del Proyecto de Inversión**

El proyecto de la Reconstrucción de la carretera La Mula - Ojinaga en su tramo del Km 199+000 al Km 238+000, es un **Proyecto de Infraestructura Económica**. El proyecto contempla trabajos de reconstrucción que se realizarán en una longitud de 39 kilómetros, sobre un terreno del tipo plano. El proyecto contempla trabajos de reconstrucción del pavimento actual de la carretera La Mula – Ojinaga del Km 199+000 al Km 238+000, en una longitud de 39 kilómetros.

Los trabajos se iniciaran con el bacheo y renivelación en tramos aliados, se continuará con el microfresado del pavimento para eliminar deformaciones con espesores máximos de hasta 10 mm, realizado con perfiladora especial con tambor de 640 puntas, posteriormente se aplicará un tratamiento superficial, consistente en un microaglomerado tipo II compuesto por emulsión asfáltica modificada con polímeros, agregados pétreos con granulometría definida, agua, fibra de vidrio, filler mineral y aditivos, para finalmente se aplicará la pintura del señalamiento horizontal en el pavimento para el correcto funcionamiento de la vialidad.

## **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 RECONSTRUCCIÓN DE LA CARRETERA LA MULA – OJINAGA EN SU TRAMO DEL KM 199+000 AL KM 238+000” 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 consideraron 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 reconstrucción del pavimento, con un monto de **\$ 73,548,779.00** 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 riegos de sello a la mitad de su vida útil, al 5<sup>to</sup> año.



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

COSTOS DEL PROYECTO	MONTOS (\$)
Inversión inicial (2024)	\$ 73,548,779.00 (Sin IVA)
Costos por molestia (2024)	\$ 21,869,439.24 (Sin IVA)
Conservación Rutinaria (Anual)	\$ 3,524,550.98 (Sin IVA)
Riegos de sello al 5to año (mitad vida útil)	\$ 11,748,503.26 (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 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

t	AÑO	AHORROS O BENEFICIOS DIRECTOS			Conservación
		CGV SIN PROYECTO	CGV CON PROYECTO	AHORROS EN CGV	
0	2024	\$ 435,344,274.10	\$ 387,632,404.73	\$ 47,711,869.37	\$ -
1	2025	\$ 452,366,235.22	\$ 402,788,831.76	\$ 49,577,403.46	\$ 3,524,550.98
2	2026	\$ 470,053,755.02	\$ 418,537,875.08	\$ 51,515,879.94	\$ 3,524,550.98
3	2027	\$ 488,432,856.84	\$ 434,902,705.99	\$ 53,530,150.84	\$ 3,524,550.98
4	2028	\$ 507,530,581.54	\$ 451,907,401.80	\$ 55,623,179.74	\$ 2,076,005.52
5	2029	\$ 527,375,027.28	\$ 469,576,981.21	\$ 57,798,046.07	\$ 15,273,054.24
6	2030	\$ 547,995,390.85	\$ 487,937,441.17	\$ 60,057,949.67	\$ 3,524,550.98
7	2031	\$ 569,422,010.63	\$ 507,015,795.12	\$ 62,406,215.50	\$ 3,524,550.98
8	2032	\$ 591,686,411.24	\$ 526,840,112.71	\$ 64,846,298.53	\$ 3,524,550.98
9	2033	\$ 614,821,349.92	\$ 547,439,561.12	\$ 67,381,788.80	\$ 3,524,550.98
10	2034	\$ 638,860,864.70	\$ 568,844,447.96	\$ 70,016,416.74	\$ 3,524,550.98

(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 capital del proyecto, a lo largo del horizonte de evaluación, es decir costos y beneficios del proyecto, como son: el Costo de la Inversión Inicial, el 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).

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

INDICADORES DE RENTABILIDAD	
INDICADOR	VALOR
Valor Presente Neto (VPN)	\$ 229,120,429.40
Relación Beneficio – Costo (B/C )	2.84
Tasa interna de retorno (TIR)	50.50 %
Tasa de Rentabilidad Inmediata (TRI)	48.26 %

(Fuente: Elaboración propia)

En la tabla anterior 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 **\$ 229,120,429.40 el cual es mayor a cero**, lo que indica que el proyecto es rentable o factible. **La relación Beneficio – Costo (B/C)** es de **2.84 mayor a uno**, lo que indica que el proyecto es rentable.



**La Tasa Interna de Retorno (TIR) es de 50.50 %, 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 48.26 %, 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.**

## CONCLUSIÓN

De acuerdo con la evolución desarrollada en el presente documento, sobre la Reconstrucción de la Carretera La Mula - Ojinaga en su tramo del Km 199+000 al Km 238+000, 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 Reconstrucción de la carretera La Mula - Ojinaga en su tramo del Km 199+000 al Km 238+000, 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 Reconstrucción 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 este proyecto de reconstrucción vial, es económicamente rentable, ya que el Valor Presente Neto (VPN) es de **\$ 229,120,429.40** el cual es mayor a cero, lo que indica que el proyecto es rentable o factible. **La relación Beneficio – Costo (B/C)** es de **2.84 mayor a uno**, lo que indica que el proyecto es rentable.

**La Tasa Interna de Retorno (TIR)** es de **50.5 %**, 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 **48.26 %**, 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.

De acuerdo con los Indicadores de Rentabilidad obtenidos en el presente estudio, **se recomienda la realización del Proyecto de Inversión**, además de que el proyecto soluciona la problemática que se presenta en el tramo carretero.

## II. Situación Actual del Proyecto de inversión

### a) Diagnóstico de la Situación Actual

La Carretera La Mula - Ojinaga es una vía de comunicación a cargo del Gobierno del estado de Chihuahua, designada como la Carretera Estatal No. 67, se localizada en el Norte del estado, la longitud total de este tramo carretero es de 39 kilómetros, este tramo tiene su origen en el Km 119+000 en la comunidad de Potrero del Llano, mejor conocido como La Mula y concluye en el Km 238+000, la entrada a la zona urbana de la cabecera municipal de Ojinaga, Chih.

Esta carretera forma parte del **Corredor Comercial Topolobampo-Dallas**, el cual forma parte de las estrategias de cruces internacionales para detonar la vocación fronteriza del Estado de Chihuahua, en razón de lo cual se busca hacer más efectivo el cruce de personas y mercancías, en coordinación con las autoridades del vecino estado de Texas.

La carretera la Mula - Ojinaga 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. Corredor Comercial Topolobampo - Dallas



Figura No. 3 Vista del grado de deterioro que presenta el pavimento en Km 199+000



Figura No. 4. Vista del grado de deterioro que presenta el pavimento en Km 214+000



Actualmente la superficie de rodamiento de la carretera la Mula - Ojinaga presenta un grado de deterioro considerable, correspondiente a un IRI de 6.0 (regular), en gran parte del tramo, lo que afecta directamente a los usuarios, originando con esta situación, un Alto Costo de Operación Vehicular (COV), afectando directamente a la población, repercutiendo en bajas velocidades de traslados de los vehículos, incrementando con ello los Costos de Tiempo de Recorrido (CTR), ambas situaciones en conjunto originan un Alto Costo Generalizado de viaje (CGV) en los usuarios, repercutiendo directamente en la economía de la población de esta región.

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

El Tramo de la carretera La Mula - Ojinaga tiene una longitud total de 39 kilómetros y está constituida por un cuerpo con ancho de corona de 6.5 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

<b>CONCEPTO</b>	<b>TRAMO DEL KM 199+000 AL KM 238+000</b>
Longitud Tramo (Km)	39
Tipo de carretera	D
Tipo de terreno	Plano
Número de carriles	2
Ancho de carril (m)	3.25
Franja Central (m)	No cuenta
Ancho de Calzada (m)	6.5
Ancho de Corona (m)	6.5
Acotamiento	No cuenta
Superficie de Rodamiento	Concreto asfáltico
Índice de Regularidad Promedio (IRI)	6.0
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 de la demanda de la situación actual, se utilizó la información de la estación de aforo vehicular ubicada en el Km 218 de la carretera T. C. (Jiménez - Camargo) – Ojinaga, mediante los datos viales publicados por la Secretaría de Infraestructura, Comunicaciones y Transportes (SICT) del año 2009 al año 2023. En la Figura No. 5 se puede observar la ubicación de la estación de aforo vehicular, con coordenadas geográficas en **Latitud:** 29°19'32.76"N y **Longitud:** 104°23'45.97"O.

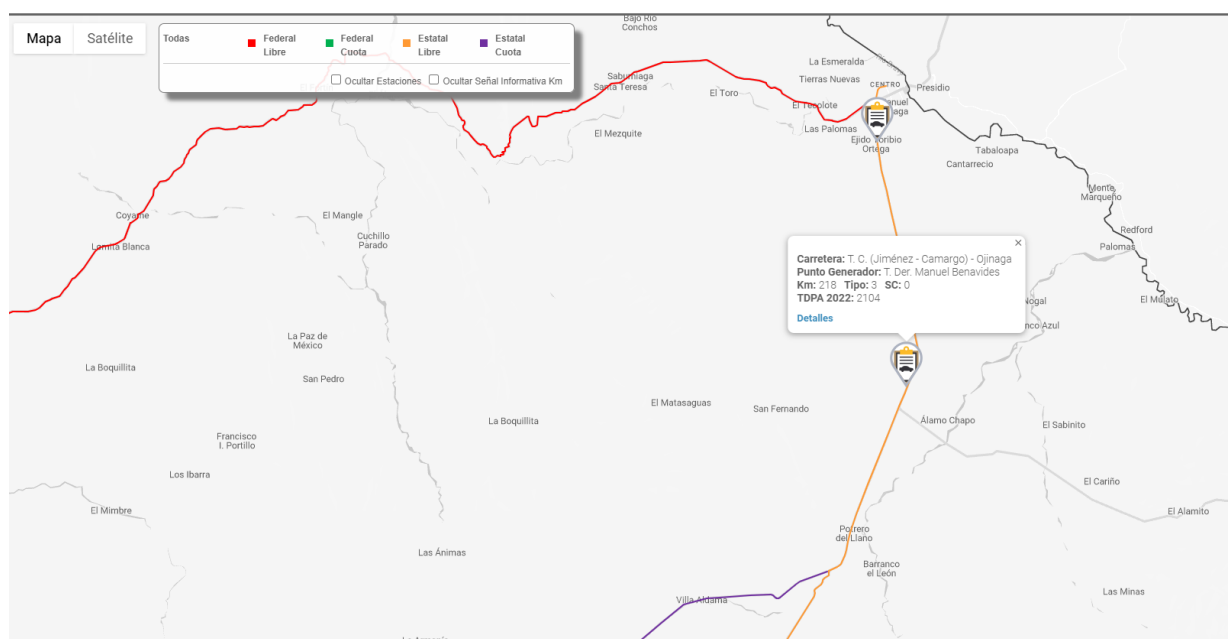


Figura No. 5. Ubicación de punto de Aforo vehicular. (Fuente: Datos Viales SICT)

### La Nomenclatura de abreviaciones:

**TE** (Tipo de Estación) Considerando el sentido en el que crece el kilometraje de la carretera, el No. "1" indica que el aforo fue efectuado antes del punto generador, el "2" que fue realizado en el punto generador y el "3" que el aforo se llevó a cabo después del punto generador.

**SC** (Sentido de Circulación). - El Numero "1" indica que los datos corresponden al sentido de circulación en que crece el cadenamiento del camino, el "2" al sentido en que decrece el kilometraje u el "0" a ambos sentidos.



**K'** Este Factor es útil para determinar el volumen horario de proyecto, el dato que se proporciona es aproximado y se obtuvo a partir de relacionar los volúmenes horarios más altos registrados en la muestra de aforo semanal y el tránsito diario promedio anual.

**D** (Factor Direccional).- Este Factor se obtuvo de dividir el volumen del tránsito horario en el sentido de circulación más cargado, entre el volumen en ambos sentidos a la misma hora.

### Tipos de Vehículos y Descripción

**A** Automóviles

**B** Autobuses

**C2** Camiones Unitarios de 2 Ejes

**T3S2** Tractor de 3 Ejes con Semirremolque de 2 Ejes

**T3S3** Tractor de 3 Ejes con Semirremolque de 3 Ejes

**T3S2R4** Tractor de 3 Ejes con Semirremolque de 2 Ejes y Remolque de 4 Ejes

**Otros** Considera otro tipo de combinaciones de camiones de carga

Tabla No. 6. Resumen de Datos Viales de Estación de Aforo Km 218 Carretera: T. C. (Jiménez - Camargo) – Ojinaga (Fuente: Datos viales SICT)

Carretera: T. C. (Jiménez - Camargo) - Ojinaga  
Punto Generador: T. Der. Manuel Benavides  
Km: 218 Tipo: 3 SC: 0

No.	AÑO	TDPA	CLASIFICACIÓN DE VEHICULOS EN PORCENTAJE												K´	D
			A	B	C2	C3	T3 S2	T3 S3	T3 S2 R4	OTROS	A	B	C			
0	2009	1398	87.2	3.8	3.4	1.0	2.4	0.8	1.4	0.0	87.2	3.8	9.0	0.095	0.504	
1	2010	1461	95.0	0.7	2.2	0.5	0.6	0.2	0.1	0.7	95.0	0.7	4.3	0.095	0.506	
2	2011	1316	77.6	3.2	13.2	1.2	3.5	0.7	0.3	0.3	77.6	3.2	19.2	0.097	0.502	
3	2012	1343	71.1	3.1	18.4	1.2	3.8	1.7	0.5	0.2	71.1	3.1	25.8	0.102	0.501	
4	2013	1423	72.3	2.3	19.1	1.2	3.2	1.1	0.4	0.4	72.3	2.3	25.4	0.112	0.521	
5	2014	1507	71.8	2.5	16.8	1.4	3.5	1.6	1.3	1.1	71.8	2.5	25.7	0.082	0.502	
6	2015	1622	79.7	1.9	15.8	0.6	1.3	0.1	0.1	0.5	79.7	1.9	18.4	0.097	0.520	
7	2016	1788	88.5	0.7	6.8	1.2	1.5	0.7	0.4	0.2	88.5	0.7	10.8	0.109	0.517	
8	2017	1728	66.4	1.7	27.1	2.6	1.7	0.3	0.1	0.1	66.4	1.7	31.9	0.099	0.510	
9	2018	1812	68.3	1.6	24.0	2.8	2.1	0.8	0.2	0.2	68.3	1.6	30.2	0.088	0.508	
10	2019	1892	68.3	1.6	24.0	2.8	2.1	0.8	0.2	0.2	68.3	1.6	30.1	0.088	0.508	
11	2020	1624	70.7	2.0	20.9	0.8	4.5	0.5	0.2	0.4	70.7	2.0	27.3	0.106	0.508	
12	2021	1871	68.3	1.6	24.0	2.8	2.1	0.8	0.2	0.2	68.3	1.6	30.1	0.088	0.508	
13	2022	2104	83.8	1.8	10.3	0.6	2.6	0.5	0.3	0.1	83.8	1.8	14.4	0.087	0.522	
14	2023	2163	83.8	1.8	10.3	0.6	2.6	0.5	0.3	0.1	83.8	1.8	14.4	0.087	0.522	
PROMEDIOS			76.9	2.0	15.8	1.4	2.5	0.7	0.4	0.3	76.9	2.0	21.1	0.095	0.511	

En la Tabla No. 6 se presenta un resumen del Transito Diario Promedio Anual (TDPA) y su distribución según el tipo de vehículo de los años 2009 al 2023, para analizar su comportamiento y definir la tendencia de crecimiento, se realizó un diagrama de dispersión de los datos, el cual se muestran en la figura siguiente.

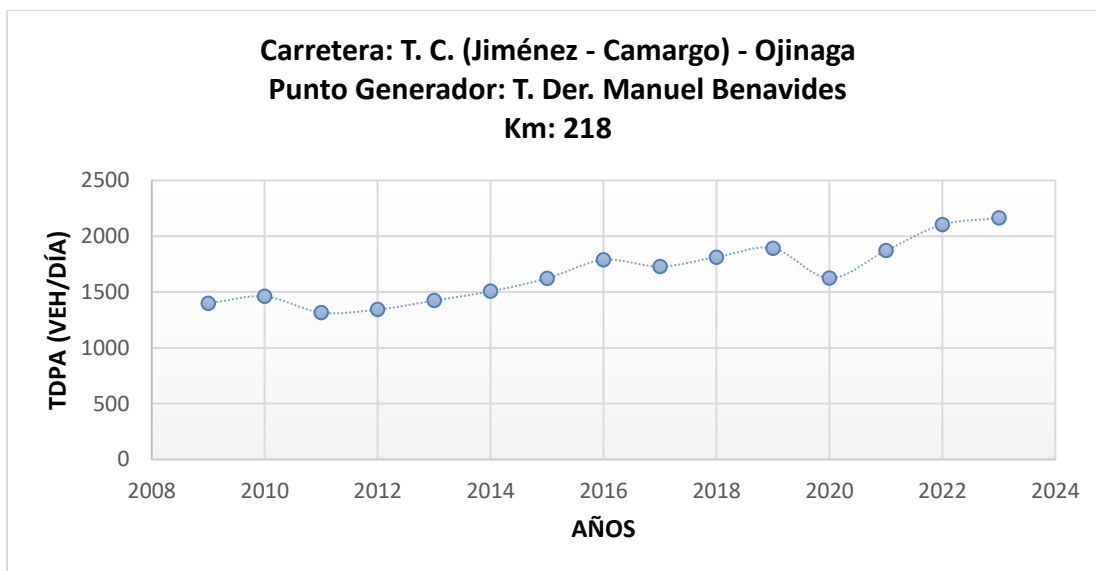


Figura No. 6. Diagrama de dispersión del Transito Diario Promedio Anual (TDPA) de la estación de aforo vehicular ubicada en el Km 218 (Fuente: Datos Viales SICT)

En el diagrama de dispersión se puede apreciar claramente que la tendencia de crecimiento de los datos es lineal, por lo que para analizar esta tendencia se realizó un análisis estadístico, utilizado el método de regresión lineal simple, conocido como mínimos cuadrados.

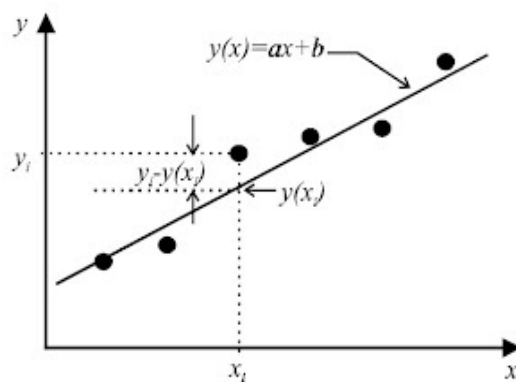


Figura No. 7. Línea de ajuste del método de mínimos cuadrados

La línea se deriva en forma tal que la suma de los cuadrados de las desviaciones verticales entre la línea y los puntos individuales de datos se reduce al mínimo, esta línea de regresión calculada a partir de los datos muestrales, por el método de mínimos cuadrados se llama **línea de regresión estimada** o **línea de regresión muestral**.

Dicha línea recta es la que mejor se ajusta al conjunto de datos (X, Y) y es aquella en que la distancia que hay entre los datos y la supuesta recta es la menor posible, y se representa mediante la siguiente ecuación:

$$\hat{Y} = a + bX$$

Dónde:

$\hat{Y}$  = Variable dependiente que se pretende evaluar

a = Ordenada al origen

b = es la pendiente de la recta

X = es la variable independiente

Para calcular el valor de **b** (pendiente), que representa el grado de inclinación que tiene la recta, se emplea la siguiente formula:

$$b = \frac{\sum(X_i - \bar{X})(Y_i - \bar{Y})}{\sum(X_i - \bar{X})^2}$$

Dónde:

**X** y **Y** son datos de las variables analizadas.

$\bar{X}$  y  $\bar{Y}$  Son los promedios de las variables analizadas.

Para calcular el valor de **a** (ordenada al origen), que representa el punto en que la recta corta al eje de las Y, se emplea la siguiente formula:

$$a = \bar{Y} - b\bar{X}$$

Con los datos de la Tabla No. 6, se calcularon los valores de la sumatoria utilizadas para calcular los valores de **a** y **b** de la ecuación ajustada, en la Tabla No. 7 se muestran los valores de las sumatorias mencionadas, para finalmente, calcular las constantes y obtener la ecuación de ajuste de los datos analizados.

Tabla No. 7. Valores de la sumatorias para el cálculo de los valores a y b de la ecuación de ajuste (Fuente propia).

No	Xi	Yi	(Xi- $\bar{X}$ )^2	(Xi- $\bar{X}$ )(Yi- $\bar{Y}$ )
0	2009	1398	49	1904.93
1	2010	1461	36	1254.80
2	2011	1316	25	1770.67
3	2012	1343	16	1308.53
4	2013	1423	9	741.40
5	2014	1507	4	326.27
6	2015	1622	1	48.13
7	2016	1788	0	0.00
8	2017	1728	1	57.87
9	2018	1812	4	283.73
10	2019	1892	9	665.60
11	2020	1624	16	-184.53
12	2021	1871	25	1004.33
13	2022	2104	36	2603.20
14	2023	2163	49	3450.07
<b>SUMAS</b>	<b>30240</b>	<b>25052</b>	<b>280</b>	<b>15235</b>

$$\bar{X} = 2016$$

$$\bar{Y} = 1670.13$$

Aplicando la ecuación correspondiente el valor de **b** sería:

$$b = \frac{\sum(X_i - \bar{X})(Y_i - \bar{Y})}{\sum(X_i - \bar{X})^2} = \frac{15,235}{280} = 54.411$$

Aplicando la ecuación correspondiente el valor de **a** sería:

$$a = \bar{Y} - b\bar{X} = 1,670.13 - (54.411 \times 2016) = -108,022$$

La ecuación ajustada quedaría:

$$\hat{Y} = a + bX = -108,022 + 54.411X$$

$$\hat{Y} = -108,022 + 54.411X$$

En la Figura No. 8 se puede observar la ecuación ajustada por el método de mínimos cuadrados, en donde se puede apreciar el grado de ajuste de esta, presentando un coeficiente de correlación de 0.8286, el cual es aceptable.

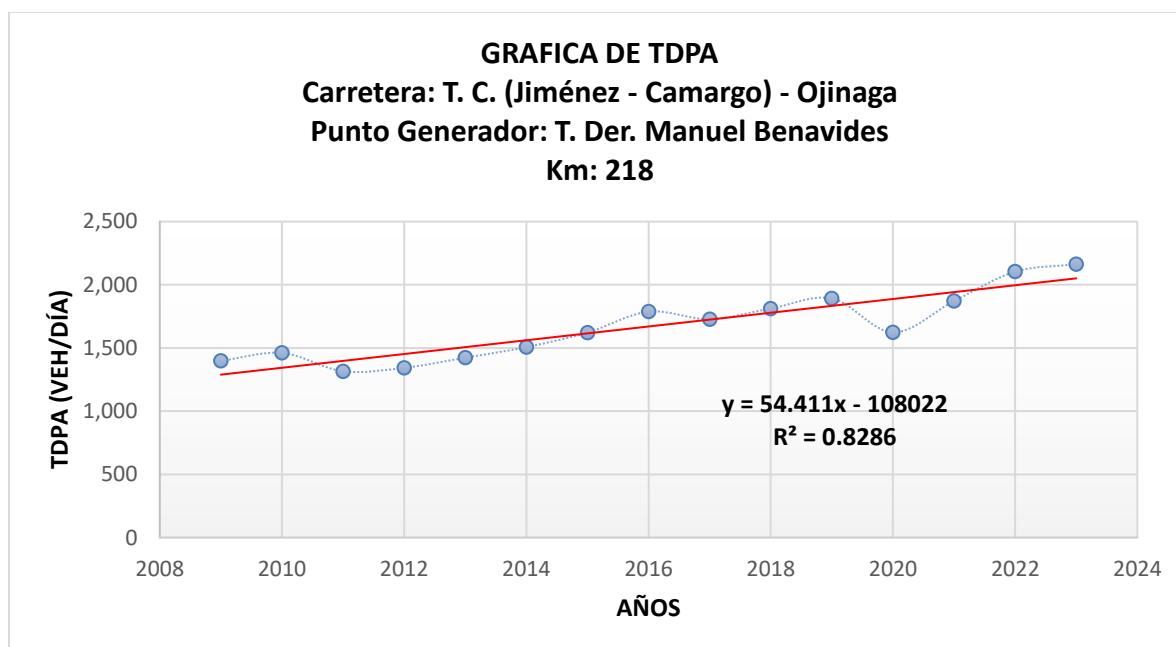


Figura No. 8. Ecuación ajustada por el método de mínimos cuadrados (Fuente propia).

Otra forma de análisis los datos de la Tabla No. 6, es calcular la tasa de crecimiento del Transito Diario Promedio Anual (TDPA) de cada uno de los años. Para determinar esta tasa de crecimiento ( $r$ ) particular de cada año, se divide el valor del  $TDPA_n$  del año evaluado, sobre el valor del  $TDPA_{n-1}$  del año anterior y se calcula el porcentaje, este valor se puede determinar utilizando la siguiente formula:

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

Dónde:

$r$  = es la Tasa de Crecimiento del Tránsito Diario Promedio Anual

$TDPA_n$  = es el valor del Tránsito Diario Promedio Anual del año evaluado

$TDPA_{n-1}$  = es el valor del Tránsito Diario Promedio Anual del año anterior al evaluado

En la tabla siguiente se aplicó la formula antes mencionada, y se determinó el valor de la tasa anual de crecimiento del Transito Diario Promedio Anual (TDPA) para cada año.

Tabla No. 8. Cálculo de la Tasas de crecimiento ( $r$ ) anual del Transito Diario Promedio Anual (TDPA) (Fuente propia).

N	AÑO	TDPA (Veh/día)	TASA ( $r$ ) en %
0	2009	1,398	
1	2010	1,461	4.51%
2	2011	1,316	-9.92%
3	2012	1,343	2.05%
4	2013	1,423	5.96%
5	2014	1,507	5.90%
6	2015	1,622	7.63%
7	2016	1,788	10.23%
8	2017	1,728	-3.36%
9	2018	1,812	4.86%
10	2019	1,892	4.42%
11	2020	1,624	-14.16%
12	2021	1,871	15.21%
13	2022	2,104	12.45%
14	2023	2,163	2.80%
		<b>Suma</b>	<b>48.58%</b>

La Tasa de crecimiento promedio ( $r$ ) del Transito Diario Promedio Anual (TDPA) para el periodo de análisis es:

$$r = \frac{48.58}{14} = 3.47 \% \text{ anual}$$



Otra forma de evaluar la tasa de crecimiento del Transito Diario Promedio Anual (TDPA) es evaluar todo el periodo de datos (2009 a 2023), utilizando la ecuación del interés simple, ya que el comportamiento de los datos es de tendencia lineal y la ecuación general es de tendencia lineal, esta ecuación es la siguiente:

$$F = P(1 + nr)$$

Dónde:

F = es el valor futuro

P = Es el valor presente

n = es al número de año que se pretende evaluar

r = es la tasa en decimal

Despejando el valor de la tasa, se tiene que la ecuación quedaría:

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

Aplicando la ecuación anterior, para el periodo comprendido entre el año 2009 hasta el año 2023, con su respectivo valor del Transito Diario Promedio Anual (TDPA), tendremos:

$$r = \left(\frac{1}{14}\right)\left(\frac{2,163}{1,398} - 1\right) \times 100 = 3.91 \% \text{ anual}$$

El primer valor obtenido de la tasa de crecimiento de Transito Diario Promedio Anual (TDPA) fue obtenida como un promedio de cada uno de los años entre el periodo de 2019 a 20223 y la segunda fue una tasa general de inicio a fin del periodo, resultando mayor el segundo procedimiento, por lo que se recomienda utilizar el segundo valor, ya que este refleja un comportamiento general desde el inicio, hasta el final del periodo analizado.

Para evaluar los dos método utilizados, el método de regresión lineal (mínimos cuadrados) y la tasa de crecimiento del Transito Diario Promedio Anual (TDPA), se

aplicaron las ecuaciones obtenidas del periodo 2009 a 2023 y se graficaron los resultados, en la Tabla No. 9 y la Figura No. 9 se presentan los resultados obtenidos de los métodos aplicados.

Tabla No. 9. Comparación de los métodos para evaluar el cálculo del Transito Diario Promedio Anual (TDPA) (Fuente propia).

No.	AÑO	AFOROS SICT	AJUSTE RECTA	TASA $r = 3.91\%$ ANUAL
0	2009	1398	1,290	1398
1	2010	1461	1,344	1,453
2	2011	1316	1,399	1,507
3	2012	1343	1,453	1,562
4	2013	1423	1,507	1,617
5	2014	1507	1,562	1,671
6	2015	1622	1,616	1,726
7	2016	1788	1,671	1,781
8	2017	1728	1,725	1,835
9	2018	1812	1,779	1,890
10	2019	1892	1,834	1,944
11	2020	1624	1,888	1,999
12	2021	1871	1,943	2,054
13	2022	2104	1,997	2,108
14	2023	2163	2,051	2,163

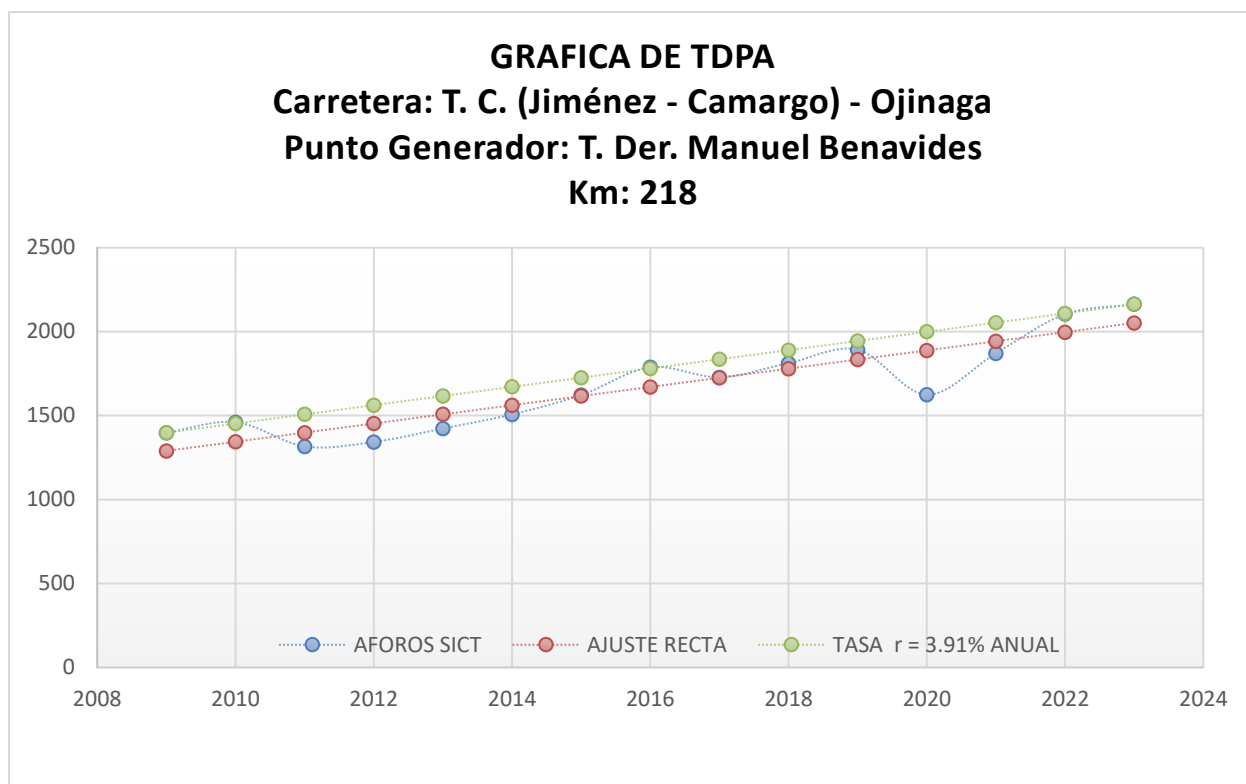


Figura No. 9. Comparación grafica de los métodos para evaluar el cálculo del Transito Diario Promedio Anual (TDPA) (Fuente propia).

Analizando la Figura No. 9, se puede apreciar que de los dos métodos utilizados, el de la tasa de crecimiento, se ajusta más a los datos viales de la Secretaría de Infraestructura, Comunicaciones y Transportes (SICT), el método de regresión se ubica ligeramente por debajo de los datos, por lo que para futuros cálculos, se utilizará una tasa de crecimiento del Transito Diario Promedio Anual (TDPA) ( $r$ ) del 3.91 % anual.

***Tasa de creicimento anual del TDPA:  $r = 3.91\%$  anual***

En la Tabla No. 6 se presentan los resultados del aforo del Km 218 de la carretera T. C. (Jiménez - Camargo) – Ojinaga Punto Generador: T. Der. Manuel Benavides, de los años 2009 a 2023, se puede apreciar en esta tabla, las variaciones del Tránsito Diario Promedio Anual (TDPA) y su clasificación de acuerdo al tipo de vehículos, se obtuvieron los valores promedio de la distribución del tráfico vehicular, los cuales se recomiendan utilizar para futuros cálculos:

- **Tránsito Diario Promedio Anual (TDPA) = 2,163 vehículos/día, para 2023**
- **A = 76.9 %**
- **B = 2.0 %**
- **C = 21.1 % (Camión de dos ejes “C2”)**
- **Una tasa de crecimiento del r = 3.91 % anual**

Para el año 2024 el Tránsito Diario Promedio Anual (TDPA) se incrementará en un 3.91 % y quedará en 2,248 vehículos/día, en la siguiente tabla se presentan los datos del Tránsito Diario Promedio Anual (TDPA), **el cual se considerará como la demanda de la situación actual del proyecto de inversión.**

Tabla No. 10. Composición del tráfico vehicular (TDPA) para el año 2024 (Fuente propia).

TIPO DE VEHÍCULO	COMPOSICIÓN VEHICULAR (%)	TASA DE CRECIMIENTO (r)	AFORO (Veh./día)
Vehículo ligero (A)	76.9	3.91 %	2,248
Autobús (B)	2.0		
Camiones de carga (C)	21.1		

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

Tabla No. 11. Tasa del índice 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.

Tabla No. 12. Velocidades promedio de operación de la “**situación Actual**”

<b>TIPO DE VEHÍCULO</b>	<b>VELOCIDAD PROMEDIO</b>
Vehículo Ligero (A)	78.03 Km/hr.
Autobuses (B)	74.44 Km/hr.
Camión de Carga (C)	62.54 Km/hr.

Operación (Fuente: Elaboración propia)

La velocidad promedio de operación de cada vehículo obtenida, se usará para calcular el Coto de Tiempo de Recorrido (CTR) del tramo en estudio y por consiguiente, el Costo Generalizado de Viaje (CGV).

### **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 al transportarse de un punto a otro de un tramo carretero. 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 son 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**”, la cual 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 mayo del 2024, última publicación disponible.

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.

Tabla No. 13. Costo de Operación Vehicular (COV) al año 2024(Fuente: Elaboración propia)

33/3361/3414 CAMIONES (INEGI)			
IPP Jun 2023 =	104.904		
IPP May 2024 =	108.349		
FA =	1.03283955		
Vehiculo	CB (2023)	Factor	CB (2024)
Ligero	\$ 6.57	1.03283955	\$ 6.79
Autobus	\$ 17.39	1.03283955	\$ 17.96
Camión C2	\$ 11.01	1.03283955	\$ 11.37

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. 14. Costo de Operación Vehicular (COV) Anual de la situación actual (Fuente: Elaboración propia)

SITUACIÓN ACTUAL				Publicación IMT No. 756 del año 2023 ajsutado 2024					
R U T A S	IRI	LONG (km)	T.D.P.A.	CLASIFICACIÓN VEHICULAR		Fb	Cb	DÍAS/ AÑO	COV
				TIPO	%				
Tramo Plano	6.00	39	2248	A	76.9%	1.18	6.79	365	\$ 197,042,701.99
				B	2.0%	1.21	17.96	365	\$ 13,909,181.86
				C	21.1%	1.3	11.37	365	\$ 99,815,908.54
TOTAL COSTO DE OPERACION VEHICULAR (COV) = \$ 310,767,792.39									
COA VEH. A						\$ 197,042,701.99			
COA VEH. B						\$ 13,909,181.86			
COA VEH. C						\$ 99,815,908.54			
TOTAL						\$ 310,767,792.39			

**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 publicada en febrero de 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. 15.

Tabla No. 15. 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 Región Norte 2024	\$	114.20	
													Valor del tiempo por Placer Región Norte 2024	\$	68.52	
Por Viajes de Trabajo																
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	39.00	2248	6.00	A	76.9%	1729	2.6	0.7	114.20	78.03	0.4998	365	\$ 65,547,480.52			
				B	2.0%	45	24.2	0.7	114.20	74.44	0.5239	365	\$ 16,632,476.54			
				C	21.1%	474	1.9	0.7	114.20	62.54	0.6236	365	\$ 16,398,197.08			
													Por Viajes de Trabajo =		\$	98,578,154.14
Por Viajes de Placer																
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	39.00	2248	6.00	A	76.9%	1729	2.6	0.3	68.52	78.03	0.50	365	\$ 16,855,066.42			
				B	2.0%	45	24.2	0.3	68.52	74.44	0.52	365	\$ 4,276,922.54			
				C	21.1%	474	1.9	0.3	68.52	62.54	0.62	365	\$ 4,216,679.25			
													Por Viajes de Placer =		\$	25,348,668.21
													TOTAL COSTO DEL TIEMPO DE RECORRIDO (CTR) ANUAL =		\$	123,926,822.35

decir, se sumó el Costo de Operación Vehicular (COV) y el Costo de Tiempo de Recorrido (CTR), en las tablas siguiente se presenta el resultado obtenido:

Tabla No. 16. Costo Generalizado de Viaje (CGV) de la situación actual (2024)

EL COSTO GENERALIZADO DE VIAJE (CGV)			
SITUACIÓN ACTUAL (2024)			COSTO GENERALIZADO DE VIAJE (CGV)
LA MULA - OJINAGA			
COSTOS DE OPERACIÓN ANUAL (COV)	\$	310,767,792.39	
COSTOS DEL TIEMPO DE RECORRIDO (CTR)	\$	123,926,822.35	
			\$ 434,694,614.74

COSTO GENERALIZADO DE VIAJE (CGV) DE LA SITUACIÓN ACTUAL			
VEHICULOS	COV	CTR	CGV
A	\$ 197,042,701.99	\$ 82,402,546.94	\$ 279,445,248.93
B	\$ 13,909,181.86	\$ 20,909,399.08	\$ 34,818,580.94
C	\$ 99,815,908.54	\$ 20,614,876.33	\$ 120,430,784.87
	\$ 310,767,792.39	\$ 123,926,822.35	<b>\$ 434,694,614.74</b>

(Fuente: Elaboración propia)

### 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 La Mula - Ojinaga, es de que se están presentando **Altos Costos Generalizados de Viaje** (CGV = 434.70 MDPA), esto debido al grado de deterioro que presenta la superficie del pavimento (IRI = 6.0), originando con esta situación Altos Costos de Operación Vehiculares (COV = 310.77 MDPA), repercutiendo en bajas velocidades de los vehículos e incrementando con ello los Costos de los Tiempos de recorrido (CTR = 123.93 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 ( $IRI = 6.0$ ), 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 La Mula - Ojinaga, este tramo es perteneciente al gobierno del estado de Chihuahua y designada como la Carretera Estatal No. 67, con una longitud total de 39 kilómetros, constituida por un cuerpo con ancho de corona de 6.5 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. 17. Características físicas y geométricas de la carretera de la “situación sin proyecto”

CONCEPTO	TRAMO DEL KM 199+000 AL KM 238+000
Longitud Tramo (Km)	39.0
Tipo de carretera	D
Tipo de terreno	Plano
Número de carriles	2
Ancho de carril (m)	3.25
Franja Central (m)	No cuenta
Ancho de Calzada (m)	6.5
Ancho de Corona (m)	6.5
Acotamiento	No cuenta
Superficie de Rodamiento	Concreto asfáltico
Índice de Regularidad Promedio (IRI)	6.0
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 2,248 vehículos por día para el año de 2024, un clasificación del 79.6 % de vehículos tipo A, 2.0 % de Vehículos tipo B, 21.1 % de vehículos tipo C y una tasa de crecimiento anual del 3.91 %, 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 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 sin proyecto, a lo largo del horizonte de proyecto evaluado, se consideró la tasa de crecimiento anual de 3.91 %, calculado aplicando la siguiente ecuación:

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

Dónde:

$TDPA$  Tránsito normal, en veh./día

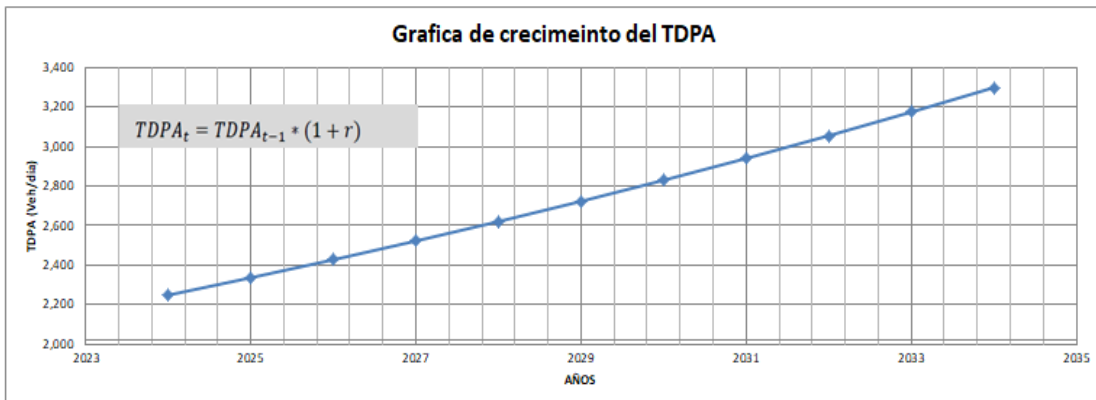
$t$  el año durante el horizonte de la evaluación, en años.

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

En la Tabla No. 18 se presenta la proyección de la demanda (TDPA) de la situación sin proyecto, utilizando una tasa de crecimiento anual del 3.91%, en un horizonte de proyecto de 10 años.

Tabla No. 18. Proyección de la demanda (TDPA) de la “situación sin proyecto”

DEMANDA CON UNA $r = 3.91\%$ ANUAL		
No.	AÑOS	TDPA (Veh/día)
0	2024	2,248
1	2025	2,336
2	2026	2,427
3	2027	2,522
4	2028	2,621
5	2029	2,723
6	2030	2,830
7	2031	2,940
8	2032	3,055
9	2033	3,175
10	2034	3,299



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



## 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. 19. Velocidades promedio de operación de la “situación sin proyecto”

TIPO DE VEHÍCULO	VELOCIDAD PROMEDIO
Vehículo Ligero (A)	78.03 Km/hr.
Autobús Foráneo (A)	74.44 Km/hr.
Camión de Carga (C)	62.54 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 mayo 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<sub>b</sub>* 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)** dela situación sin proyecto se utilizó la información de la nota Técnica No. 201 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 publicados en febrero del 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 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:

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

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 de operación y un año de ejecución de ejecución o construcción:

Tabla No. 20. Costos Generalizados de Viaje (CGV) de la “situación sin proyecto” proyectados al horizonte de proyecto.

Publicación 756 IMT						Con un IRI de: 6									
Años	t	Velocidad de Operación (km/hr)				Costos de Operación Vehicular (\$/km)			Costos por Tiempos de Recorrido Diario 2024 (Por trabajo y placer)			Costos Totales (Pesos por Año)			
		Total	A	B	C	A	B	C	A	B	C	Situación Sin Proyecto			
												AÑO	COV	CTR	CGV
2024	0	2248	78.03	74.44	62.54	8.01	21.71	14.82	225,760.40	58,232.90	56,479.11	2024	\$ 311,071,841.85	\$ 124,272,432.25	\$ 435,344,274.10
2025	1	2336	78.03	74.44	62.54	8.01	21.71	14.82	234,587.63	60,509.81	58,687.45	2025	\$ 323,234,750.87	\$ 129,131,484.35	\$ 452,366,235.22
2026	2	2427	78.03	74.44	62.54	8.01	21.71	14.82	243,760.01	62,875.74	60,982.13	2026	\$ 335,873,229.63	\$ 134,180,525.39	\$ 470,053,755.02
2027	3	2522	78.03	74.44	62.54	8.01	21.71	14.82	253,291.03	65,334.18	63,366.53	2027	\$ 349,005,872.91	\$ 139,426,983.93	\$ 488,432,856.84
2028	4	2621	78.03	74.44	62.54	8.01	21.71	14.82	263,194.71	67,888.75	65,844.16	2028	\$ 362,652,002.54	\$ 144,878,579.00	\$ 507,530,581.54
2029	5	2723	78.03	74.44	62.54	8.01	21.71	14.82	273,485.62	70,543.20	68,418.66	2029	\$ 376,831,695.84	\$ 150,543,331.44	\$ 527,375,027.28
2030	6	2830	78.03	74.44	62.54	8.01	21.71	14.82	284,178.91	73,301.44	71,093.83	2030	\$ 391,565,815.15	\$ 156,429,575.70	\$ 547,995,390.85
2031	7	2940	78.03	74.44	62.54	8.01	21.71	14.82	295,290.30	76,167.52	73,873.60	2031	\$ 406,876,038.52	\$ 162,545,972.11	\$ 569,422,010.63
2032	8	3055	78.03	74.44	62.54	8.01	21.71	14.82	306,836.15	79,145.67	76,762.06	2032	\$ 422,784,891.62	\$ 168,901,519.62	\$ 591,686,411.24
2033	9	3175	78.03	74.44	62.54	8.01	21.71	14.82	318,833.45	82,240.27	79,763.46	2033	\$ 439,315,780.89	\$ 175,505,569.04	\$ 614,821,349.92
2034	10	3299	78.03	74.44	62.54	8.01	21.71	14.82	331,299.83	85,455.87	82,882.21	2034	\$ 456,493,027.92	\$ 182,367,836.78	\$ 638,860,864.70

Fuente: Elaboración propia

## e) Alternativas de solución

Para solucionar la problemática presentada en la carretera La Mula - Ojinaga en su tramo del Km 119+000 al Km 238+000, se propone desarrollar dos alternativas de proyecto, las cuales cada una 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:** Los trabajos contemplan la reconstrucción del pavimento actual de la carretera La Mula – Ojinaga del Km 199+000 al Km 238+000, en una longitud de 39 kilómetros. Los trabajos se iniciaran con el bacheo y renivelación en tramos aliados, se continuará con el microfresado del pavimento para eliminar deformaciones con espesores máximos de hasta 10 mm, realizado con perfiladora especial con tambor de 640 puntas, posteriormente se aplicará un microaglomerado tipo II compuesto por emulsión asfáltica modificada con polímeros, agregados pétreos con granulometría definida, agua, fibra de vidrio, filler mineral y aditivos, para finalmente se aplicará la pintura del señal

**Los costos del proyecto No. 1 son los siguientes:**

Inversión Inicial	\$ 73, 548,779.00 (sin IVA)
Conservación Rutinaria anual	\$ 3,524,550.98 (sin IVA)
Conservación periódica año 5	\$ 11,748,503.26 (sin IVA)
Costos por molestia (año cero)	\$ 21,869,439.24 (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. 21. Cálculo del Valor Presente de los Costos (VPC) alternativa de proyecto No. 1.

ANÁLISIS DEL CAE PARA ALTERNATIVA No. 1							
AÑO	INVERSIÓN INICIAL	COSTOS POR MOLESTIA	CONSERVACIÓN RUTINARIA	CONSERVACIÓN PERIÓDICA	RECONSTRUCCIÓN	COSTOS TOTALES	VALOR PRESENTE DE LOS COSTOS (VPC)
0	\$ 73,548,779.00	\$ 21,869,439.24				\$ 95,418,218.24	\$ 95,418,218.24
1			\$ 3,524,550.98			\$ 3,524,550.98	\$ 3,204,137.25
2			\$ 3,524,550.98			\$ 3,524,550.98	\$ 2,912,852.05
3			\$ 3,524,550.98			\$ 3,524,550.98	\$ 2,648,047.32
4			\$ 3,524,550.98			\$ 3,524,550.98	\$ 2,407,315.74
5			\$ 3,524,550.98	\$ 11,748,503.26		\$ 15,273,054.24	\$ 9,483,365.05
6			\$ 3,524,550.98			\$ 3,524,550.98	\$ 1,989,517.14
7			\$ 3,524,550.98			\$ 3,524,550.98	\$ 1,808,651.95
8			\$ 3,524,550.98			\$ 3,524,550.98	\$ 1,644,229.04
9			\$ 3,524,550.98			\$ 3,524,550.98	\$ 1,494,753.68
10			\$ 3,524,550.98			\$ 3,524,550.98	\$ 1,358,866.98
						<b>VPC1 = \$</b>	<b>124,369,954.44</b>

(Fuente: Elaboración propia)

$$CAE_1 = \$ 124,369,954.44 \times \frac{0.1(1 + 0.1)^{10}}{(1 + 0.1)^{10} - 1} = \$ 20,240,637.35$$

**Como Proyecto No. 2:** Se propone reconstruir el camino en los tramos dañados a nivel base, cortando la carpeta del camino, recompactando la base existente y construyendo una capa nueva de base hidráulica estabilizada con cemento Portland, para posteriormente impregnarla y tender una carpeta asfáltica de 6.0 cm de espesor.

**Los costos del proyecto No. 2 son los siguientes:**

Inversión Inicial	\$ 106,645,729.60 (sin IVA)
Conservación Rutinaria anual	\$ 3,524,550.9 (sin IVA)
Conservación periódica años 5 y 10	\$ 11,748,503.26 (sin IVA)
Costos por molestia (año cero)	\$ 21,869,439.24 (sin IVA)
Vida Útil del proyecto	15 años
Tasa Social de Descuento	10 % anual

Tabla No. 22. Cálculo del Valor Presente de los Costos (VPC) alternativa de proyecto No. 2.

ANÁLISIS DEL CAE PARA ALTERNATIVA No. 2							
AÑO	INVERSIÓN INICIAL	COSTOS POR MOLESTIA	CONSERVACIÓN RUTINARIA	CONSERVACIÓN PERIÓDICA		COSTOS TOTALES	VALOR PRESENTE DE LOS COSTOS (VPC)
0	\$ 106,645,729.60	\$ 21,869,439.24				\$ 128,515,168.84	\$ 128,515,168.84
1			\$ 3,524,550.98			\$ 3,524,550.98	\$ 3,204,137.25
2			\$ 3,524,550.98			\$ 3,524,550.98	\$ 2,912,852.05
3			\$ 3,524,550.98			\$ 3,524,550.98	\$ 2,648,047.32
4			\$ 3,524,550.98			\$ 3,524,550.98	\$ 2,407,315.74
5			\$ 3,524,550.98	\$ 11,748,503.26		\$ 15,273,054.24	\$ 9,483,365.05
6			\$ 3,524,550.98			\$ 3,524,550.98	\$ 1,989,517.14
7			\$ 3,524,550.98			\$ 3,524,550.98	\$ 1,808,651.95
8			\$ 3,524,550.98			\$ 3,524,550.98	\$ 1,644,229.04
9			\$ 3,524,550.98			\$ 3,524,550.98	\$ 1,494,753.68
10			\$ 3,524,550.98	\$ 11,748,503.26		\$ 15,273,054.24	\$ 5,888,423.57
11			\$ 3,524,550.98			\$ 3,524,550.98	\$ 1,235,333.62
12			\$ 3,524,550.98			\$ 3,524,550.98	\$ 1,123,030.56
13			\$ 3,524,550.98			\$ 3,524,550.98	\$ 1,020,936.87
14			\$ 3,524,550.98			\$ 3,524,550.98	\$ 928,124.43
15			\$ 3,524,550.98			\$ 3,524,550.98	\$ 843,749.48
						<b>VPC2 = \$</b>	<b>167,147,636.60</b>

(Fuente: Elaboración propia)

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

$$CAE_2 = \$167,147,636.6 \times \frac{0.1(1 + 0.1)^{15}}{(1 + 0.1)^{15} - 1} = 21,975,531.10$$

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 años para el proyecto No. 1 y 15 años para el proyecto No. 2, los resultados obtenidos fueron que para el proyecto No. 1 el **CAE<sub>1</sub> es de \$ 20,240,637.35**, para el proyecto No. 2 el **CAE<sub>2</sub> es de \$ 2421,975,531.10**, 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 La Mula - Ojinaga en su tramo del Km 119+000 al Km 238+000, 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. 23. Tipo de Proyecto de Inversión (Fuente: Elaboración propia)

TIPO DE PPI	
<b>Proyecto de infraestructura económica</b>	<b>X</b>
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 reconstrucción del pavimento actual de la carretera La Mula – Ojinaga del Km 199+000 al Km 238+000, en una longitud de 39 kilómetros. Los trabajos se iniciaran con el bacheo y renivelación en tramos aliados, se continuará con el microfresado del pavimento para eliminar deformaciones con espesores máximos de hasta 10 mm, realizado con perfiladora especial con tambor de 640 puntas, posteriormente se aplicará un microaglomerado tipo II compuesto por emulsión asfáltica modificada con polímeros, agregados pétreos con granulometría definida, agua, fibra de vidrio, filler mineral y aditivos, para finalmente se aplicará la pintura del señalamiento horizontal en el pavimento para el correcto funcionamiento de la vialidad.





Figura No. 10. Sección Tipo de los trabajos de Reconstrucción (Fuente: Elaboración propia)

Tabla No. 24. Descripción general del Proyecto de Inversión (Fuente: Elaboración propia)

COMPONENTE	TIPO	CANTIDAD	PRINCIPALES CARACTERÍSTICAS
Trabajos para la Reconstrucción de la Carretera La Mula Ojinaga.	Camino Tipo D	39 Km	Reconstrucción de la superficie del pavimento IRI = 2.0

## 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 Reconstrucción de la carretera La Mula - Ojinaga 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 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 La Mula - Ojinaga es una vía de comunicación a cargo del Gobierno del estado de Chihuahua, designada como la Carretera Estatal No. 67, se localizada en el Norte del estado, la longitud total de este tramo carretero es de 39 kilómetros, este tramo tiene su origen en el Km 119+000 en la comunidad de Potrero del Llano, mejor conocido como La Mula y concluye en el Km 238+000, la entrada a la zona urbana de la cabecera municipal de Ojinaga, Chih., así mismo, el proyecto se localiza en las siguientes coordenadas geográficas:

- Km 199+00: Latitud: **29°11'3.96"N** y Longitud: **104°27'42.59"O**
- Km 238+000: Latitud: **29° 31'7.81"N** y Longitud: **104°25'22.31"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. 25. Calendario de actividades del Proyecto de Inversión (Fuente: Elaboración propia)

ACTIVIDAD	1er. Trimestre	2do. Trimestre	3er. Trimestre	4to. Trimestre
Trabajos de Conservación Rutinaria				
Trabajos de Conservación Periódica				
Señalamiento y Dispositivos de Seguridad.				

## e) Monto total de inversión

El monto total de inversión del proyecto asciende a **\$ 85,316,583.64** con IVA incluido. Este monto se ejercerá en el año 2024 y sus principales componentes son: Trabajos de Conservación Rutinaria, Conservación Paródica, Señalamiento y Dispositivos de Seguridad. En la Tabla No.1 se muestra la distribución de la inversión en los componentes del proyecto.

Tabla No. 1. Montos de la Inversión del Proyecto de Inversión

PARTIDAS	MONTOS
Trabajos de conservación rutinaria	\$7,119,210.00
Trabajos de conservación periódica	\$61,069,585.00
Señalamiento y dispositivos de seguridad	\$5,359,984.00
Sub-Total	\$73,548,779.00
16% I.V.A.	\$11,767,804.64
<b>Total</b>	<b>\$85,316,583.64</b>

(Fuente: Elaboración propia)

## 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. 26. 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.	\$ 85,316,583.64	100 %
3. Municipales	-	-	-
4. Fideicomisos	-	-	-
5. Otros	-	-	-
<b>Total</b>		<b>\$ 85,316,583.64</b>	<b>100 %</b>

## 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

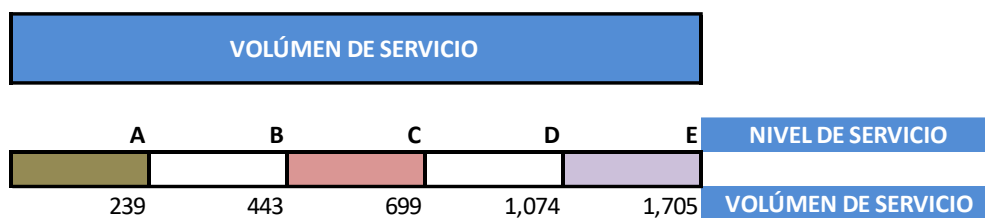
$C_i$  Es la Capacidad en condiciones ideales en ambas direcciones, la cual es de 2,800 vehículos por hora en ambas direcciones.

- $V/C_i$  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. 27. 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 Transportes (SICT) ( $K= 0.095$  de la Tabla No.6), 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 Transportes (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. 28. 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	2248	0.095	214	A
1	2025	2336	0.095	222	A
2	2026	2427	0.095	231	A
3	2027	2522	0.095	240	B
4	2028	2621	0.095	249	B
5	2029	2723	0.095	259	B
6	2030	2830	0.095	269	B
7	2031	2940	0.095	279	B
8	2032	3055	0.095	290	B
9	2033	3175	0.095	302	B
10	2034	3299	0.095	313	B

**Conclusión:**

La carretera opera a nivel de servicio A hasta el año 2 (2026) y a nivel de servicio B al año 10 (2034).

En la tabla anterior se puede apreciar que la vía de comunicación operara a Nivel de Servicio A hasta el año 2026 y terminará en Nivel de Servicio B en el año 2034, lo que se puede concluir que la carretera operará adecuadamente a lo largo de su vida útil.



## 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. 18. Proyección de la demanda (TDPA) de la “situación sin proyecto”, que corresponderá a la situación con proyecto.

## i) Vida útil

Se estima que la vida útil del Proyecto de inversión denominado “TRABAJOS DE RECONSTRUCCIÓN DE LA CARRETERA LA MULA – OJINAGA, DEL KM 119+000 AL KM 238+000” 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. 29. Vida Útil del Proyecto de Inversión  
(Fuente: Elaboración propia)

VIDA ÚTIL DEL PROYECTO DE INVERSIÓN	
<b>Vida útil en años</b>	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 reconstrucción, los cuales se realizarán en una longitud de 39.0 kilómetros, en la carretera la Mula - Ojinaga, del Km 119+000 al Km 238+000, cuyas características físicas y geométricas se presentan en la Tabla No. 30.

Tabla No. 30. Características físicas y geométricas de la carretera de la “**situación con proyecto**”

CONCEPTO	TRAMO DEL KM 119+000 AL KM 238+000
Longitud Tramo (Km)	39
Tipo de carretera	D
Tipo de terreno	Plano
Número de carriles	2
Ancho de carril (m)	3.25
Franja Central (m)	No cuenta
Ancho de Calzada (m)	6.5
Ancho de Corona (m)	6.5
Acotamiento (m)	No cuenta
Superficie de Rodamiento	Concreto asfáltico
Índice de Regularidad Promedio (IRI)	2.0
Estado físico del pavimento	Muy Bueno

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

El proyecto contempla trabajos de reconstrucción del pavimento actual de la carretera La Mula – Ojinaga del Km 199+000 al Km 238+000, en una longitud de 39 kilómetros. Los trabajos se iniciaran con el bacheo y renivelación en tramos aliados, se continuará con el microfresado del pavimento para eliminar deformaciones con espesores máximos de hasta 10 mm, realizado con perfiladora especial con tambor de 640 puntas, posteriormente se aplicará un microaglomerado tipo II compuesto por emulsión asfáltica modificada con polímeros, agregados pétreos con granulometría definida, agua, fibra de vidrio, filler mineral y aditivos, para finalmente se aplicará la pintura del señalamiento horizontal en el pavimento para el correcto funcionamiento de la vialidad.

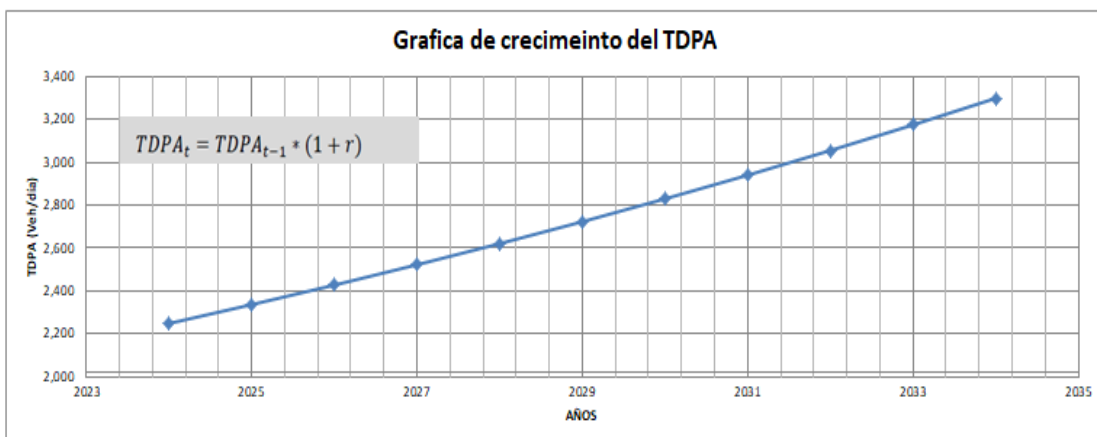
Con la implementación del proyecto, se mejoraran las condiciones del pavimento, pasando de un estado físico de “de Regular a malo” con un IRI = 6, a un estado físico “Muy Buena” con un IRI de 2.0, reduciendo con ello el Costos Generalizados de Viaje (CGV) de los usuarios de la vía de comunicación.

## 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 Diario Promedio Anual (TDPA) de 2,248 vehículos por día para el año de 2024, un clasificación del 76.9 % de vehículos tipo A, 2.0 % vehículos tipo B, 21.1 % vehículos tipo C (dos ejes) y una tasa de crecimiento anual del 3.91 %, igual a la situación actual.

Tabla No. 31. Proyección de la demanda (TDPA) de la “situación con proyecto”

DEMANDA CON UNA $r = 3.91\%$ ANUAL		
No.	AÑOS	TDPA (Veh/día)
0	2024	2,248
1	2025	2,336
2	2026	2,427
3	2027	2,522
4	2028	2,621
5	2029	2,723
6	2030	2,830
7	2031	2,940
8	2032	3,055
9	2033	3,175
10	2034	3,299



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 con 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 3.91 %, 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 Reconstrucción, 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 esta situación, se calculó el Costo Generalizado de Viaje (CGV) 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 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 de los vehículos de la situación con proyecto, las cuales fueron obtenidas para la nueva condición del pavimento (IRI = 2.0), 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. 32. Velocidades promedio de operación de la **“situación con proyecto”**

<b>TIPO DE VEHÍCULO</b>	<b>VELOCIDAD PROMEDIO</b>
Vehículo Ligero (A)	84.33 Km/hr
Autobús (B)	80.14 Km/hr
Camión de Carga (C)	69.24 Km/hr

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

Para calcular el **Costo de Operación Vehicular (COV)** anual 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 mayo del 2024.

Para estimar el Costo de Operación Vehicular (COV) 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:

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

Dónde:

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

*F<sub>b</sub>* 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)** anual 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 motivo de 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, empleando 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, con un año de ejecución del proyecto.

Tabla No. 33. Costos Generalizados de Viaje (CGV) de la “**situación con proyecto**” proyectados al horizonte de proyecto.

		Publicación 756 IMT				Con un IRI de: 2						Costos Totales (Pesos por Año)				
AÑO	t	Velocidad de Operación (km/hr)				Costos de Operación Vehicular (\$/km)			Costos por Tiempos de Recorrido Diario 2024 (Por trabajo y placer)			Situación con Proyecto				Conservación
		Total	A	B	C	A	B	C	A	B	C	AÑO	COV	CTR	CGV	
2024	0	2248	84.33	80.14	69.24	7.07	20.24	12.75	208,894.63	54,091.06	51,013.92	2,024	273,022,549	114,609,856	387,632,405	\$ -
2025	1	2336	84.33	80.14	69.24	7.07	20.24	12.75	217,062.41	56,206.02	53,008.56	2,025	283,697,731	119,091,101	402,788,832	\$ 3,524,550.98
2026	2	2427	84.33	80.14	69.24	7.07	20.24	12.75	225,549.55	58,403.67	55,081.20	2,026	294,790,312	123,747,563	418,537,875	\$ 3,524,550.98
2027	3	2522	84.33	80.14	69.24	7.07	20.24	12.75	234,368.54	60,687.25	57,234.87	2,027	306,316,613	128,586,093	434,902,706	\$ 3,524,550.98
2028	4	2621	84.33	80.14	69.24	7.07	20.24	12.75	243,532.35	63,060.13	59,472.76	2,028	318,293,593	133,613,809	451,907,402	\$ 3,524,550.98
2029	5	2723	84.33	80.14	69.24	7.07	20.24	12.75	253,054.46	65,525.78	61,798.14	2,029	330,738,872	138,838,109	469,576,981	\$ 15,273,054.24
2030	6	2830	84.33	80.14	69.24	7.07	20.24	12.75	262,948.89	68,087.83	64,214.45	2,030	343,670,762	144,266,679	487,937,441	\$ 3,524,550.98
2031	7	2940	84.33	80.14	69.24	7.07	20.24	12.75	273,230.19	70,750.07	66,725.23	2,031	357,108,289	149,907,506	507,015,795	\$ 3,524,550.98
2032	8	3055	84.33	80.14	69.24	7.07	20.24	12.75	283,913.50	73,516.40	69,334.19	2,032	371,071,223	155,768,890	526,840,113	\$ 3,524,550.98
2033	9	3175	84.33	80.14	69.24	7.07	20.24	12.75	295,014.51	76,390.89	72,045.16	2,033	385,580,108	161,859,453	547,439,561	\$ 3,524,550.98
2034	10	3299	84.33	80.14	69.24	7.07	20.24	12.75	306,549.58	79,377.77	74,862.12	2,034	400,656,290	168,188,158	568,844,448	\$ 3,524,550.98

(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 por molestia, los costos los costos de mantenimiento y conservación para la situación con proyecto, que corresponden a lo siguiente:

- IV. 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.
- V. 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;
- VI. Costos de conservación periódica, que incluye bacheo y renivelación general, además de la colocación de un riego de sello a la mitad de su vida útil, al 5<sup>to</sup> año.

Tabla No. 2. Costos del proyecto

COSTOS DEL PROYECTO	MONTOS (\$)
Inversión inicial (2024)	\$ 73,548,779.00 (Sin IVA)
Costos por molestia (2024)	\$ 21,869,439.24 (Sin IVA)
Conservación Rutinaria (Anual)	\$ 3,524,550.98 (Sin IVA)
Riegos de sello al 5to año (mitad vida útil)	\$ 11,748,503.26 (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 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 o ahorros anuales generados por el proyecto de inversión

t	AÑO	AHORROS O BENEFICIOS DIRECTOS			Conservación
		CGV SIN PROYECTO	CGV CON PROYECTO	AHORROS EN CGV	
0	2024	\$ 435,344,274.10	\$ 387,632,404.73	\$ 47,711,869.37	\$ -
1	2025	\$ 452,366,235.22	\$ 402,788,831.76	\$ 49,577,403.46	\$ 3,524,550.98
2	2026	\$ 470,053,755.02	\$ 418,537,875.08	\$ 51,515,879.94	\$ 3,524,550.98
3	2027	\$ 488,432,856.84	\$ 434,902,705.99	\$ 53,530,150.84	\$ 3,524,550.98
4	2028	\$ 507,530,581.54	\$ 451,907,401.80	\$ 55,623,179.74	\$ 2,076,005.52
5	2029	\$ 527,375,027.28	\$ 469,576,981.21	\$ 57,798,046.07	\$ 15,273,054.24
6	2030	\$ 547,995,390.85	\$ 487,937,441.17	\$ 60,057,949.67	\$ 3,524,550.98
7	2031	\$ 569,422,010.63	\$ 507,015,795.12	\$ 62,406,215.50	\$ 3,524,550.98
8	2032	\$ 591,686,411.24	\$ 526,840,112.71	\$ 64,846,298.53	\$ 3,524,550.98
9	2033	\$ 614,821,349.92	\$ 547,439,561.12	\$ 67,381,788.80	\$ 3,524,550.98
10	2034	\$ 638,860,864.70	\$ 568,844,447.96	\$ 70,016,416.74	\$ 3,524,550.98

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:

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

Para realizar los cálculos de los indicadores de rentabilidad, se realizó el flujo de capitales a lo largo del horizonte de proyecto, es decir, Costos totales, los costos del proyecto, como son: el Costo de la Inversión Inicial, el costo 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 3 respectivamente, los cuales se concentraron en la Tabla No. 34.

Para evaluar los indicadores de rentabilidad, se utilizó una Tasa Social de descuento (TSD) del 10 % anual, fijada en el artículo Tercero Transitorio de los LINEAMIENTOS 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, anexo en la bibliografía de este documento.

Tabla No. 34. Flujos de capital generados por el proyecto de inversión

AÑO	t	TASA SOCIAL DE DESCUENTO r (%)	TASA DE INCREMENTO ANUAL DE TRAFICO VEHICULAR (%)	BENEFICIOS	COSTOS	FACTOR DE ACTUALIZACION (1+r) <sup>t</sup>	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				\$ 95,418,218.24	1.000		\$ 95,418,218.24	\$ -95,418,218			\$ (95,418,218.24)
2025	1	10.00%	3.91%	\$ 49,577,403.46	\$ 3,524,550.98	1.100	\$ 45,070,366.78	\$ 3,204,137.25	\$ 41,866,230	\$ -53,551,989	48.26%	\$ 46,052,852.48
2026	2	10.00%	3.91%	\$ 51,515,879.94	\$ 3,524,550.98	1.210	\$ 42,575,107.39	\$ 2,912,852.05	\$ 39,662,255	\$ -13,889,733	50.30%	\$ 47,991,328.96
2027	3	10.00%	3.91%	\$ 53,530,150.84	\$ 3,524,550.98	1.331	\$ 40,217,994.62	\$ 2,648,047.32	\$ 37,569,947	\$ 23,680,214	52.41%	\$ 50,005,599.87
2028	4	10.00%	3.91%	\$ 55,623,179.74	\$ 3,524,550.98	1.464	\$ 37,991,380.19	\$ 2,407,315.74	\$ 35,584,064	\$ 59,264,278	54.60%	\$ 52,098,628.76
2029	5	10.00%	3.91%	\$ 57,798,046.07	\$ 15,273,054.24	1.611	\$ 35,888,039.24	\$ 9,483,365.05	\$ 26,404,674	\$ 85,668,953	44.57%	\$ 42,524,991.83
2030	6	10.00%	3.91%	\$ 60,057,949.67	\$ 3,524,550.98	1.772	\$ 33,901,146.88	\$ 1,989,517.14	\$ 31,911,630	\$ 117,580,582	59.25%	\$ 56,533,398.69
2031	7	10.00%	3.91%	\$ 62,406,215.50	\$ 3,524,550.98	1.949	\$ 32,024,256.11	\$ 1,808,651.95	\$ 30,215,604	\$ 147,796,186	61.71%	\$ 58,881,664.52
2032	8	10.00%	3.91%	\$ 64,846,298.53	\$ 3,524,550.98	2.144	\$ 30,251,276.84	\$ 1,644,229.04	\$ 28,607,048	\$ 176,403,234	64.27%	\$ 61,321,747.55
2033	9	10.00%	3.91%	\$ 67,381,788.80	\$ 3,524,550.98	2.358	\$ 28,576,456.15	\$ 1,494,753.68	\$ 27,081,702	\$ 203,484,937	66.92%	\$ 63,857,237.82
2034	10	10.00%	3.91%	\$ 70,016,416.74	\$ 3,524,550.98	2.594	\$ 26,994,359.63	\$ 1,358,866.98	\$ 25,635,493	\$ 229,120,429	69.68%	\$ 66,491,865.77
							<b>353,490,383.84</b>	<b>124,369,954.43</b>	<b>\$ 229,120,429 = VPN</b>	<b>TIR = 50.50%</b>		

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. 34, 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:

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

$VPN = \$ 353,490,383.84 - \$ 124,369,954.43 = \$ 229,120,429.40$

$VPN = \$ 229,120,429.40 > 0$  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. 34, se puede apreciar que se llevó a Valor Presente los Beneficios y los Costos, por lo que para calcular la relación B/C sería:

$$B/C = \frac{\$ 353,490,383.84}{\$ 124,369,954.43} = 2.84 > 1 \text{ el Proyecto es rentable}$$

### 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 (VPN) 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. 11, en la cual se puede apreciar como el Valor

Presente Neto (VPN) se va reduciendo, hasta hacerse un valor negativo, de ahí se puede inferir que para una tasa del 50.50 %, el Valor Presente Neto (VPN) se hace cero, por lo éste valor corresponde a la Tasa Interna de Retorno (TIR).

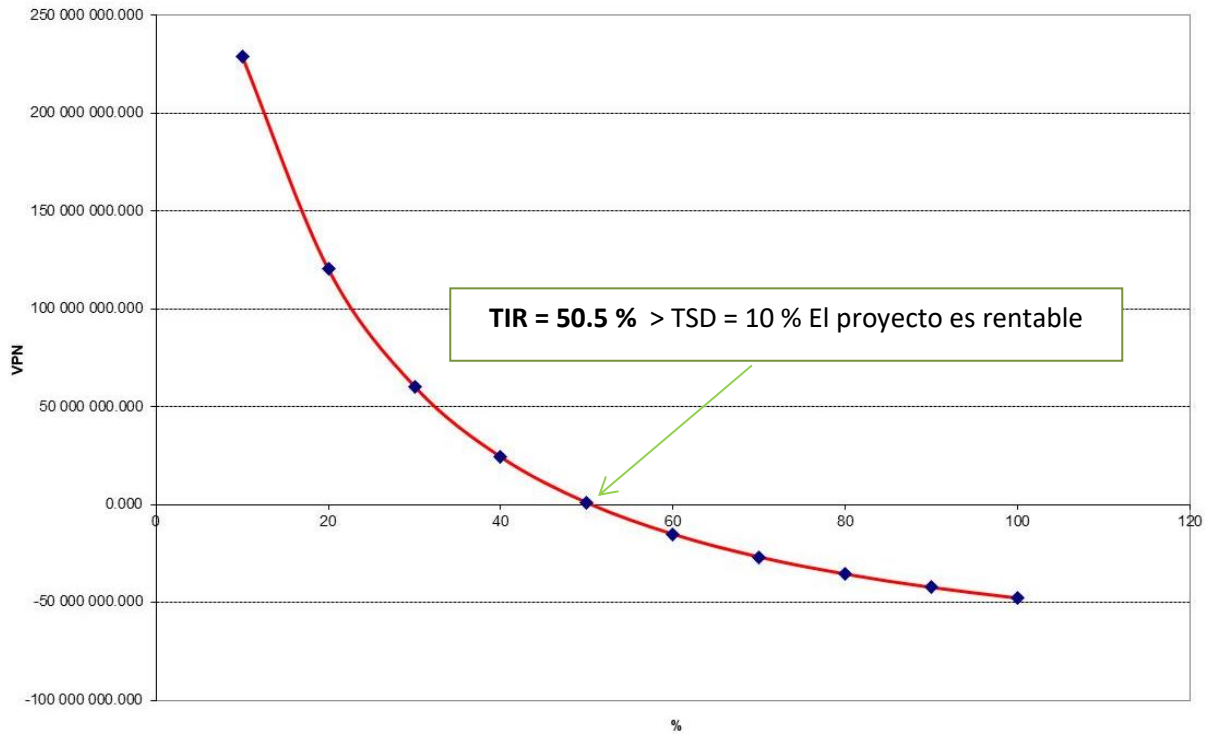


Figura No. 11. Variación del Valor Presente Neto (VPN) del proyecto de Inversión  
(Fuente: Elaboración propia)

De la gráfica anterior se puede concluir que:

**La Tasa Interna de Retorno (TIR) = 50.50 % > 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 34, Aplicando la ecuación anterior se tiene:

$$TRI = \frac{\$ 49,577,403.46 - \$ 3,524,550.98}{\$ 95,418,218.24} = 48.26 \% > 10 \% (TSD)$$

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

En la siguiente 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)	\$ 229,120,429.4
Relación Beneficio – Costo (B/C )	2.84
Tasa interna de retorno (TIR)	50.50 %
Tasa de Rentabilidad Inmediata (TRI)	48.26 %

(Fuente: Elaboración propia)

## d) Análisis de sensibilidad

Para realizar el análisis de Sensibilidad, se seleccionaron los indicadores de rentabilidad, con el objetivo de determinar la rentabilidad del proyecto con diferentes escenarios, para mostrar **el impacto de las variables relevantes** en la evaluación del proyecto de inversión, 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 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 40 %, 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. 35. 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 =	\$ 219,578,607.58
		B/C =	2.64
		TIR =	45.84 %
		TRI =	43.88 %
	+ 20 %	VPN =	\$ 210,036,785.76
		B/C =	2.46
		TIR =	41.91 %
		TRI =	40.22 %
	+ 30%	VPN =	\$ 200,494,963.93
		B/C =	2.31
		TIR =	38.53 %
		TRI =	37.13 %
	+ 40 %	VPN =	\$ 190,953,142.11
		B/C =	2.17
		TIR =	35.58 %
		TRI =	34.47 %



En el análisis de Sensibilidad de la Tabla No. 35, en donde se ha aumentado de un 10 % hasta un 40% el costo de la inversión inicial, el proyecto continuará siendo rentable económicamente. Asimismo, con una variación porcentual positiva del 340 % del monto de inversión inicial, el Valor Presente Neto (VPN) sería igual a cero, una Tasa Interna de Retorno de (TIR) de 10.01 % y una Tasa de Rentabilidad Inmediata (TRI) del 14.20 %.

Para el análisis de Sensibilidad de la Tabla No. 36, en donde se ha aumentado de un 10 % hasta un 40% el costo de Mantenimiento, el proyecto continuará siendo rentable económicamente. Asimismo, con una variación porcentual positiva del 890 % del monto de Mantenimiento, el Valor Presente Neto (VPN) sería igual a cero, una Tasa Interna de Retorno de (TIR) de 10.08 % y una Tasa de Rentabilidad Inmediata (TRI) del 19.08 %.

Tabla No. 36. Análisis de Sensibilidad del **Monto de Operación y Mantenimiento**  
(Fuente: Elaboración propia)

VARIABLE	VARIACIÓN RESPECTO A SU VALOR ORIGINAL	IMPACTO SOBRE EL INDICADOR DE RENTABILIDAD	
COSTOS DE MANTENIMIENTO	+ 10 %	VPN =	\$ 226,225,255.79
		B/C =	2.78
		TIR =	50.05 %
		TRI =	47.89 %
	+ 20 %	VPN =	\$ 223,330,082.17
		B/C =	2.65
		TIR =	49.60 %
		TRI =	47.53 %
	+ 30%	VPN =	\$ 220,434,908.55
		B/C =	2.66
		TIR =	49.15 %
		TRI =	47.16 %
	+ 40 %	VPN =	\$ 217,539,734.93
		B/C =	2.60
		TIR =	48.70 %
		TRI =	46.79 %

En el análisis de Sensibilidad de la Tabla No. 37, en donde se reducen de un 10 % hasta un 40 % los beneficios generados por el proyecto, el proyecto continuará siendo rentable económicamente. Asimismo, con una reducción porcentual del 65.0 % de los beneficios, el Valor Presente Neto (VPN) sería igual a cero, una Tasa Interna de Retorno de (TIR) de 9.85 % y una Tasa de Rentabilidad Inmediata (TRI) del 14.49 %.

Tabla No. 37. 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 =	\$ 193,771,391.02
		B/C =	2.6
		TIR =	44.91 %
		TRI =	43.07 %
	- 20 %	VPN =	\$ 158,422,352.64
		B/C =	2.30
		TIR =	39.21 %
		TRI =	37.87 %
	- 30 %	VPN =	\$ 123,073,314.25
		B/C =	2.0
		TIR =	33.34 %
		TRI =	32.68 %
	- 40 %	VPN =	\$ 87,724,275.87
		B/C =	1.70
		TIR =	27.23 %
		TRI =	27.48 %

Del el análisis de sensibilidad presentado en las tablas de resumen, se puede concluir que le proyecto de inversión presenta una “**Grado de Rentabilidad Alto**”, ya que modificando las condiciones originales del proyecto bajo condiciones desfavorables, el proyecto sigue siendo rentable o factible.

## 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. 38. 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.	10%	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%	25%	45%	5%	25%	35%
Fallas relacionadas con la calidad del servicio.	20%	25%	60%	15%	20%	40%

Analizando los posibles riesgos del proyecto de la Tabla No.38, en la siguiente tabla se presentan las medidas de mitigación que se proponen, con el fin de minimizar el impacto de los riesgos identificados en el desarrollo del proyecto de inversión.

Tabla No. 39. 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 el proyecto de inversión denominado **“Reconstrucción de la Carretera La Mula – Ojinaga”**, del Km 199+000 al Km 238+000, ubicado en el municipio de Ojinaga, Chih., se puede constatar que **el desarrollo del proyecto soluciona 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) anual.

Con los trabajos de Reconstrucción de la Carretera La Mula - Ojinaga en su tramo del Km 199+000 al Km 238+000, 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 de considerar que este proyecto de inversión es económicamente rentable, ya que el monto del **Valor Presente Neto (VPN)** es de **\$ 229,120,429.40** el cual es mayor a cero, lo que indica que el proyecto es rentable o factible. La relación **Beneficio – Costo (B/C)** es de **2.84** mayor a uno, lo que indica que el proyecto es rentable. La **Tasa Interna de Retorno (TIR)** es de **50.50 %**, 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 48.26 %**, 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
<b>Anexo A</b>	Costos de Operación Base de Vehículos 2023	Tablas de Costos de Operación Vehicular y Velocidades de vehículos (Publicación Técnica No. 756 IMT), anexo a este documento.
<b>Anexo B</b>	Estudio de Tránsito del tramo carretero	Contiene el Estudio de Ingeniería de tránsito, Archivo Digital.
<b>Anexo C</b>	Costo Generalizado de Viaje (CGV) Situación Actual	Memoria de Cálculo CGV Situación Actual, Archivo Digital.
<b>Anexo D</b>	Cotos Por Molestia	Memoria de Cálculo Costos por Molestia, Archivo Digital.
<b>Anexo E</b>	Estudio ACBS	Memoria de Cálculo con los Costos, Beneficios e Indicadores de Rentabilidad del Proyecto, Archivo Digital.
<b>Anexo F</b>	Análisis del Costo Anual Equivalente (CAE)	Memoria Análisis del Costo Anual Equivalente (CAE), Archivo Digital.
<b>Anexo G</b>	Análisis de Sensibilidad	Memoria de Cálculo del Análisis de Sensibilidad, Archivo Digital.
<b>Anexo H</b>	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. 40. 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 vehículo nuevo	0.15
Depreciación	% precio vehículo nuevo	0.30
Intereses (tasa 4.75%)	% precio vehículo 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. 41. 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 vehículo nuevo	0.13
Depreciación	% precio vehículo nuevo	0.05
Intereses (tasa 4.75%)	% precio vehículo nuevo	0.01

Costos unitarios en pesos, precios 2023

Precio de vehículo 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. 42. 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 vehículo nuevo	0.27
Depreciación	% precio vehículo nuevo	0.05
Intereses (tasa 4.75%)	% precio vehículo 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. 43. 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. 44. 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. 45. 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, 2024. Nota Técnica No. 207. 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.