

# Análisis Costo-Beneficio Simplificado<sup>1</sup>

## Construcción del Complejo Vial Metropolitano Tlaxcala, en el Estado de Tlaxcala.

### I. Resumen Ejecutivo

#### Problemática, objetivo y descripción del PPI

#### Objetivo del PPI

El proyecto “Complejo Vial Metropolitano de Tlaxcala, tiene como objetivo mejorar el nivel de servicio que se ofrece en la carretera San Martín Texmelucan - Tlaxcala - El Molinito.

El Complejo Vial Metropolitano de Tlaxcala, en el tramo del KM 29+518 al 30+740 de la carretera San Martín Texmelucan - Tlaxcala - El Molinito, confinará los movimientos de largo itinerario y se mantendrán las características actuales de la carretera a nivel para el tráfico local, esto mediante la construcción de un deprimido que albergará 2 cuerpos de circulación, uno por sentido, conformado cada uno por 3 carriles de circulación de 3.5 mts para cada carril e incluyendo un camellón central de 3.5 mts de ancho.

Aunado a lo anterior, se brindará mayor seguridad al tránsito a lo largo de la Carretera, propiciando un flujo continuo en el tránsito para ambas carreteras (deprimido y carretera a nivel), se reducirán tiempos de recorrido, así como dar mayor capacidad al flujo del tramo relevante.

Mediante la construcción del Complejo Vial Metropolitano de Tlaxcala en la Carretera de San Martín Texmelucan - Tlaxcala - El Molinito, mediante Deprimido Vial, del KM 29+518 al 30+740 se contribuye al cumplimiento de la estrategia definida en el Plan Nacional de Infraestructura de “dar atención especial a la modernización de libramientos y accesos para facilitar la continuidad del flujo vehicular”. Además de lograr una mejor funcionalidad del tránsito y transporte.

De manera específica, los objetivos que persigue el proyecto son:

- Aumento en las velocidades de operación de los diferentes tipos de usuarios.
- Reducir los costos generalizados de viaje (CGV's) para

<sup>1</sup>Para facilitar la elaboración y presentación del análisis costo-beneficio y costo-beneficio simplificado, la Unidad de Inversiones de la SHCP pone a disposición de las dependencias y entidades de la Administración Pública Federal el presente formato, de conformidad con el numeral 23 de los Lineamientos para la elaboración y presentación de los análisis costo y beneficio de los programas y proyectos de inversión

	<p>los usuarios de la carretera.</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Ofrecer comodidad y seguridad para los usuarios.</li><li>• Disminuir la posibilidad de accidentes.</li><li>• Mejorar los niveles de servicio.</li><li>• Reducir la contaminación ambiental por gases y por ruido.</li><li>• Tener una infraestructura acorde a la movilidad que se genere en la entidad.</li></ul>
Problemática Identificada	<p>La <b>Construcción del Complejo Vial Metropolitano Tlaxcala, en el Estado de Tlaxcala</b>, se cataloga como una carretera de alto tránsito pavimentada con 4 carriles de circulación, 2 por sentido, en el cual la problemática son las bajas velocidades del tránsito (<b>largo y corto itinerario</b>) que se dan paso a la carretera <b>San Martín Texmelucan - Tlaxcala - El Molinito en el tramo del Km 29+518 al Km 30+740</b> pues en dicho tramo se encuentran las desviaciones para el acceso a las localidades de <b>“Belén Atzitzimitlán”</b> y <b>“San Matías Tepetomatitlán”</b>. El tramo cuenta con 2 cuerpos de circulación, uno por sentido alojando en cada uno 2 carriles de circulación de 3.5 mts de ancho de calzada y un acotamiento externo de 2.5 mts, y con un camellón central de 12 mts, lo que nos da un total de 31 mts de ancho de sección para el tramo de la carretera descrita anteriormente; lo que origina un alto índice de accidentes por rebase, elevados tiempos de recorrido, altos costos de operación vehicular, contaminación y ruido, pues se cuenta con un <b>TDPA de 72,778</b> vehículos, además la carretera actual opera con un bajo nivel de servicio ya que la creciente demanda de vehículos está rebasando la capacidad del camino, anudado a esto las características del camino brinda inseguridad a los usuarios en el momento de realizar rebases, ya que por la sección no se tiene el espacio suficientes para realizar las maniobras, el cual se requiere mejorar. Lo anterior provoca que incurran en altos costos generalizados de viaje y aumenten la probabilidad de accidentes.</p>
Breve descripción del PPI	<p>El proyecto consiste en la construcción de un <b>Complejo Vial (Paso Deprimido)</b> en la carretera San Martín Texmelucan - Tlaxcala - El Molinito en el tramo del <b>Km 29+518 al Km 30+740</b> con una longitud de <b>1,222</b> metros, alojando <b>2 cuerpos</b> de circulación, uno por sentido con <b>3 carriles de circulación</b> en cada uno con un ancho por carril de <b>3.5 mts</b> y un camellón central de <b>3.5 mts</b>, dando así, un ancho de sección total de <b>24.5 mts</b>.</p>

**Horizonte de evaluación, costos y beneficios del PPI**

Horizonte de Evaluación

El horizonte de evaluación del proyecto es de **31** años, en tanto que el periodo de operación del proyecto es de **30** años.

Descripción de los principales costos del PPI

**Etapa de ejecución.-** La inversión total estimada es de \$ **108,000,000.00** pesos, incluido el impuesto al valor agregado (IVA). El costo de la obra comprende la construcción del Complejo Vial Metropolitano (**Paso Deprimido**) de **1.222** kilómetros.

**Etapa de operación.-** Durante la etapa de operación, se consideran los costos de mantenimiento y conservación, y que corresponden a lo siguiente: (I) mantenimiento normal, que incluye básicamente la limpieza general y reparación de pequeños desperfectos de la superficie de rodamiento del tramo por año desde el inicio de operaciones; (II) conservación rutinaria, que incluye bacheo general y riego de sello cada 4 años con una sobrecarpeta cada 8 años; (III) reconstrucción, que consiste en reparar y reponer toda la estructura del pavimento cada 16 años.

Descripción de los principales beneficios del PPI

**Ahorro en costos por tiempo de viaje.-** Los beneficios anuales, se obtienen con la diferencia de los costos por tiempo de viaje para cada situación, sin y con proyecto. El costo por tiempo de viaje toma en cuenta el volumen de vehículos diario (TDPA) para autos, autobuses y camiones, el número de pasajeros promedio por tipo de vehículo y el valor del tiempo de los usuarios, elevado al año (365 días) para cada situación (con y sin proyecto). Se calculan los beneficios por ahorro en tiempo de viaje año por año para los 30 años de operación del proyecto.

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

Monto total de inversión (con IVA)

El monto total de la inversión se estima en:  
\$ **108,000,000.00**

Riesgos asociados al PPI

Los principales riesgos asociados al proyecto son: la disponibilidad de la totalidad de los recursos para la

conclusión de la obra en el tiempo y forma previsto, la demanda social de obras adicionales al momento de la construcción, así como el retraso en la construcción debido a problemas técnicos, aumento en los costos de construcción y fenómenos inflacionarios.

El pasado reciente nos indica que son poco probables tales riesgos, los factores a nivel nacional no se han presentado en los últimos lustros y los locales tampoco, pues el proyecto se desarrolla en un territorio libre de conflictos, tanto sociales como de fenómenos naturales.

### Indicadores de Rentabilidad del PPI

Valor Presente Neto (VPN)	\$ 891,796.0
Tasa Interna de Retorno (TIR)	46.1%
Tasa de Rentabilidad Inmediata (TRI)	67.4%

### Conclusión

Conclusión del Análisis del PPI

Los resultados de la evaluación económica indican que el proyecto es económicamente rentable, pues permitirá ofrecer beneficios significativos debido a los ahorros en costos de operación y reducción en tiempos de recorrido, los cuales son superiores a los costos de inversión y conservación necesarios a lo largo de la vida útil del proyecto.

Los insumos importantes para la evaluación económica del proyecto son los costos de operación vehicular y los montos de inversión correspondientes a la situación con y sin proyecto. Los costos de operación vehicular se refieren a los

de los usuarios de la infraestructura y a los asociados con el valor del tiempo de los pasajeros, en las condiciones con y sin proyecto. Aun cuando es posible considerar otros costos exógenos asociados con los accidentes, con el ruido y con la degradación del medio ambiente, no existen datos cuantitativos confiables para hacerlo, por lo que no se han incluido en la evaluación que se presenta en este documento.

Aunado a lo anterior, con la construcción del Complejo Vial Metropolitano de Tlaxcala (Paso Deprimido) en **1.222 Km** de esta obra se obtendrían los siguientes beneficios:

- Se proporciona acceso de manera directa a un aproximado de **7,883** vehículos de **corto itinerario** para el acceso a las localidades de “**Belén Atzimitlán**” y “**San Matías Tepetomatitlán**” en el municipio de “**Apetatitlán de Antonio Carvajal**”.
- Se mejora el tránsito de **largo itinerario** sobre la carretera **San Martín Texmelucan – Tlaxcala – El Molinito** a un aproximado de **64,895** vehículos.
- Aumentar las velocidades de operación.
- Reducir los tiempos de recorrido.
- Reducir los costos de operación de los diferentes tipos de vehículos.
- Mejoramiento del nivel de servicio.
- Disminución en los niveles de contaminación auditiva y en la degradación del medio ambiente.
- Operación más segura para los usuarios al eliminarse/disminuirse la posibilidad de accidentes por maniobras de rebase.
- Contribuir al desarrollo ordenado de la ciudad de Tlaxcala.

**Cabe aclarar que el tramo en cuestión del proyecto ya no pertenece a la concesión.**

## II. Situación Actual del PPI

### a) Diagnóstico de la Situación Actual

La Carretera **San Martín Texmelucan - Tlaxcala - El Molinito** del tramo a intervenir, tiene una longitud total de **1.222** kilómetros y corresponde del tramo del **Km. 29+518 al Km. 30+740**, pertenecientes a las localidades “**Belén Atzimititlán**” y “**San Matías Tepetomatitlán**”, el tramo se cataloga como una carretera, se encuentra pavimentado con asfalto, cuenta con 2 cuerpos de circulación, uno por sentido alojando en cada uno 2 carriles de circulación de 3.5 mts de ancho de calzada y un acotamiento externo de 2.5 mts, y con un camellón central de 12 mts, lo que nos da un total de 31 mts de ancho de sección.

INICIO (29+518)	TÉRMINO (30+740)
19.346763, -98.196177	19.355298, -98.189925

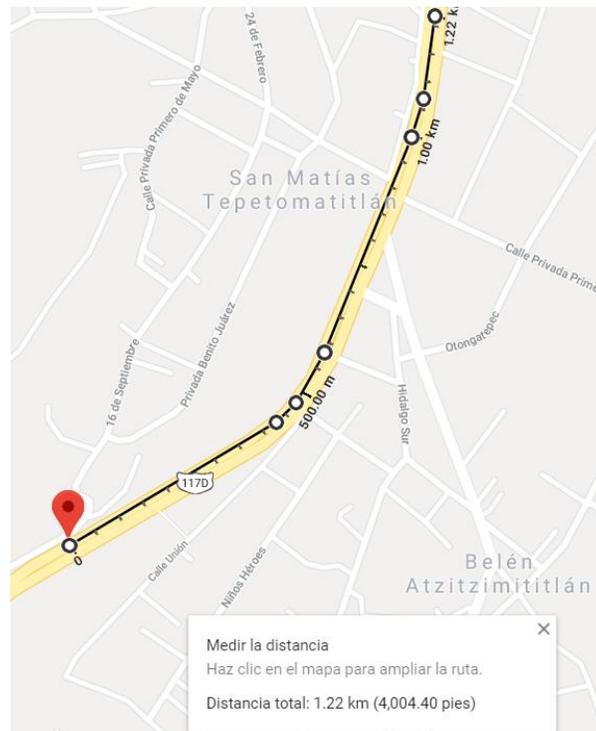


Imagen Google Maps, Tramo a intervenir de la carretera San Martín Texmelucan - Tlaxcala - El Molinito

Los usuarios que circulan por la carretera **San Martín Texmelucan - Tlaxcala - El Molinito**, en el tramo **Km 29+518 al Km 30+740** presentan altos tiempos de traslado y bajas velocidades de circulación ocasionado por la cantidad de vehículos que transitan en dicho tramo, un TDPA de **72,778** vehículos, siendo **64,895 de largo itinerario** y **7,883 de corto itinerario**. Dicha problemática se ocasiona debido a que en el tramo se cuenta con las desviaciones a las

localidades de “Belén Atzimititlán” y “San Matías Tepetomatitlán”, lo que ocasiona congestión en la carretera al tener desviaciones muy angostas y al no contar con más carriles para ser utilizados como carriles de desaceleración para el acceso a dichas localidades. Lo anterior provoca que incurran en altos costos generalizados de viaje y aumenten la probabilidad de ocurrencia de accidentes.

Aunado a lo anterior sobre la transitabilidad de los vehículos de corto y largo itinerario, se cuenta con una carretera con 4 carriles de circulación y acotamientos externos de 2.5 mts, y conforme a los datos de la SCT, las características de la carretera soporta un TDPA de hasta 20,000 vehículos, y dado que se cuenta un TDPA de **72,778**, se tiene un nivel de **servicio F**, pues éste se encuentra rebasado debido a la demanda de vehículos, por lo que no permite a los usuarios alcanzar velocidades permitidas ni realizar acciones de maniobra y rebase. Por lo anterior, se genera congestión en algunas horas del día.

A continuación se muestran fotografías en las cuales se puede apreciar la situación del tramo a intervenir



Toma del tramo donde se puede observar la desviación que existe para la entrada a la localidad de Belén Atzimititlán.



En esta fotografía se logra apreciar el espacio total de la sección con un derecho de vía de 25 mts de cada lado con respecto al eje del proyecto.



Se logra apreciar el congestionamiento que se hace sobre la carretera por la desviación hacia la localidad de Belén Atzimititlán, misma que origina problemas para los vehículos de largo itinerario.

## b) Análisis de la Oferta Existente

La oferta actual está integrada por la carretera **San Martín Texmelucan - Tlaxcala - El Molinito** del tramo del Km. 29+518 al Km. 30+740, en las localidades de "Belén Atzimitlán" y "San Matías Tepetomatitlán" en el municipio de "Apetatitlán de Antonio Carvajal".

La tabla 1 muestra las características de la ruta actual.

*Tabla1- Características de la vialidad (oferta actual)*

Tramo	San Martín Texmelucan - Tlaxcala - El Molinito
Concepto	
Longitud (km)	1.222
Número de carriles de circulación	4
Ancho de carriles (m)	3.5
Ancho de calzada (m)	14
Ancho de corona (m)	19
Ancho total de sección (m)	31
Acotamiento	Si
Total de ancho de acotamientos (m)	5
Camellón central	Si
Ancho de camellón (m)	12
Tipo de terreno	Plano
Velocidad de operación (km/hr)	35.42
Tiempo de Recorrido (min)	2.07
Estado físico	Bueno
IRI m/km	4

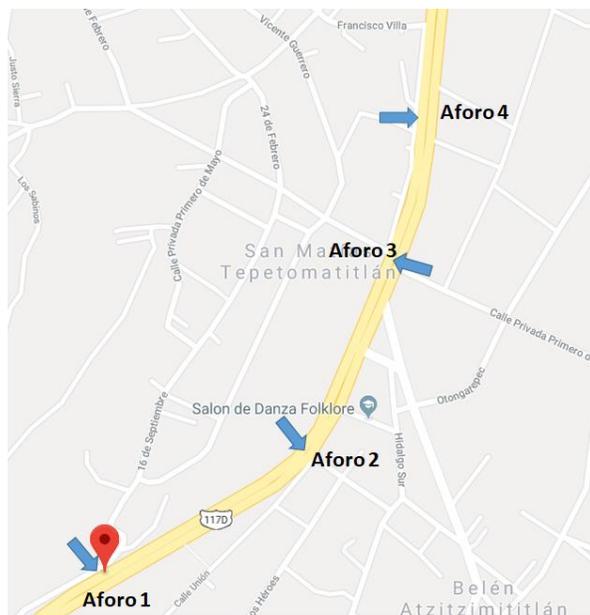
Fuente: Elaboración propia. Se utilizó el dato de la velocidad y el tiempo del tipo de vehículo "A" en el periodo de "sin congestión".

En el tramo a intervenir se cuenta con desviaciones para el acceso a las localidades de "Belén Atzimitlán" y "San Matías Tepetomatitlán" con un ancho de 3 mts alojando un solo carril para las salidas sobre la carretera San Martín Texmelucan - Tlaxcala - El Molinito. Así mismo, se cuenta con un retorno para el acceso a la localidad de San Matías Tepetomatitlán viniendo de la dirección Chiautempan-Apizaco (Sur – Norte). Así como se cuenta con una desviación sobre el cuerpo con dirección Apizaco - San Martín Texmelucan (Norte – Sur) para el acceso a la localidad de "Belén Atzimitlán" con un retorno de un carril con un ancho de 3 mts a lo largo de una longitud de 200 mts.

Sobre el cuerpo con dirección Apizaco - San Martín Texmelucan (Norte – Sur), se cuenta con un espacio en terracerías con un ancho de 4.5 mts utilizado para salidas necesarias debido a accidentes o para el tránsito local.

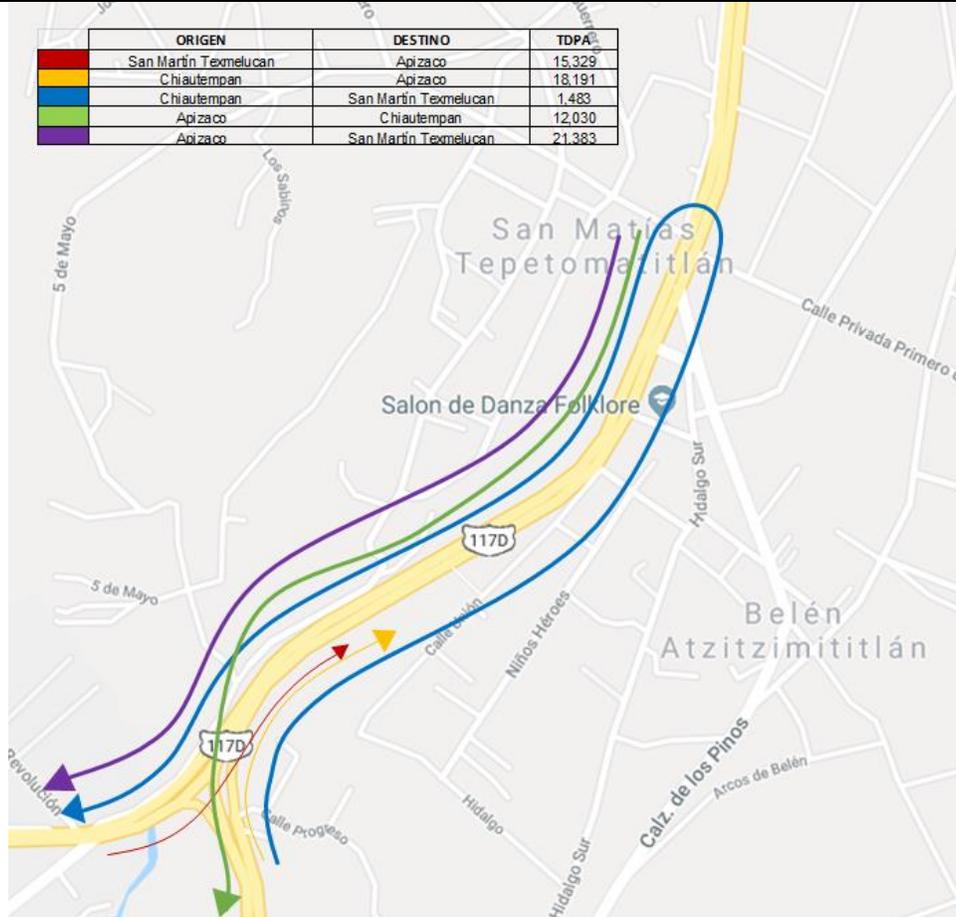
Se cuenta con el derecho de vía de 25 mts de cada lado con respecto al eje del proyecto.





Elaboración propia del Municipio.

La demanda obtenida se presenta a continuación con su respectivo Origen –Destino y su composición vehicular.



	ORIGEN	DESTINO	TDPA
	San Martín Texmelucan	Apizaco	15,329
	Chiautempan	Apizaco	18,191
	Chiautempan	San Martín Texmelucan	1,483
	Apizaco	Chiautempan	12,030
	Apizaco	San Martín Texmelucan	21,383

Composición vehicular ambos sentidos		
A	B	C
89.4%	1.1%	9.5%

AFORO 1 (Norte-Sur)			
MOVIMIENTO	ORIGEN	DESTINO	TDPA
1	Chiautempan	San Martín Texmelucan	1,483
2	Apizaco	San Martín Texmelucan	21,383
3	Apizaco	Chiautempan	12,030
			<b>34,896</b>

AFORO 1 (Sur-Norte)			
MOVIMIENTO	ORIGEN	DESTINO	TDPA
4	Chiautempan	San Martín Texmelucan	1,483
5	Chiautempan	Apizaco	18,191
6	San Martín Texmelucan	Apizaco	15,329
			<b>35,003</b>

<b>AFORO 2 (Norte-Sur)</b>					
<b>Largo Itinerario</b>					
<b>MOVIMIENTO</b>	<b>ORIGEN</b>	<b>DESTINO</b>	<b>TDPA</b>	<b>Sin Congestión</b>	<b>Con Congestión</b>
1	Chiautempan	San Martín Texmelucan	1,483	1,068	415
2	Apizaco	San Martín Texmelucan	21,383	15,396	5,987
3	Apizaco	Chiautempan	12,030	8,662	3,368
			<b>34,896</b>	<b>25,126</b>	<b>9,770</b>

<b>AFORO 2 (Norte-Sur)</b>					
<b>Corto Itinerario</b>					
<b>MOVIMIENTO</b>	<b>ORIGEN</b>	<b>DESTINO</b>	<b>TDPA</b>	<b>Sin Congestión</b>	<b>Con Congestión</b>
4	Apizaco	Localidades (Belén Atzitzimitlán y San Matías Tepetomatitlán)	1,127	811	316
5	Localidades (Belén Atzitzimitlán y San Matías Tepetomatitlán)	Localidades (Belén Atzitzimitlán y San Matías Tepetomatitlán)	2,680	1,930	750
			<b>3,807</b>	<b>2,741</b>	<b>1,066</b>

<b>AFORO 2 (Sur-Norte)</b>					
<b>Largo Itinerario</b>					
<b>MOVIMIENTO</b>	<b>ORIGEN</b>	<b>DESTINO</b>	<b>TDPA</b>	<b>Sin Congestión</b>	<b>Con Congestión</b>
6	Chiautempan	San Martín Texmelucan	1,483	1,008	475
7	Chiautempan	Apizaco	17,518	11,912	5,606
8	San Martín Texmelucan	Apizaco	13,964	9,495	4,469
			<b>32,965</b>	<b>22,415</b>	<b>10,550</b>

<b>AFORO 2 (Sur-Norte)</b>					
<b>Corto Itinerario</b>					
<b>MOVIMIENTO</b>	<b>ORIGEN</b>	<b>DESTINO</b>	<b>TDPA</b>	<b>Sin Congestión</b>	<b>Con Congestión</b>
9	Chiautempan	Localidades (Belén Atzitzimitlán y San Matías Tepetomatitlán)	673	458	215
10	San Martín Texmelucan	Localidades (Belén Atzitzimitlán y San Matías Tepetomatitlán)	1,365	928	437
11	Localidades (Belén Atzitzimitlán y San Matías Tepetomatitlán)	Localidades (Belén Atzitzimitlán y San Matías Tepetomatitlán)	2,038	1,386	652
			<b>4,076</b>	<b>2,772</b>	<b>1,304</b>

Sin embargo, se manifiesta que se realizó un puente atirantado sobre la carretera “Puebla – Belem” en dirección Chiautempan - San Martín Texmelucan, por lo que, para el proyecto de la construcción del paso deprimido no se considerará dicho TDPA (1,483) de manera que los proyectos sean separables. Por lo anterior, nos queda el siguiente TDPA para nuestro tramo relevante:

Largo Itinerario		Corto Itinerario	
Sin Congestión	Con Congestión	Sin Congestión	Con Congestión
45,465	19,430	5,513	2,370

Largo Itinerario	Corto Itinerario	Total
64,895	7,883	<b>72,778</b>

Para estimar la TCMA del tránsito se utilizaron los aforos históricos de los Datos Viales publicados por la SCT de la carretera San Martín Texmelucan - Tlaxcala - El Molinito (T. Der. San Pablo Apetatitlán).

			T. Der. San Pablo Apetatitlán TE=3, SC=1	T. Der. San Pablo Apetatitlán TE=3, SC=2	Promedio
	Año de Publicación	Año de Aforo	TDPA	TDPA	TDPA
1	2008	2007	17529	17330	11619
2	2009	2008	18378	18169	12182
3	2010	2009	17495	17542	11679
4	2011	2010	18243	18289	12177
5	2012	2011	22433	23301	15244
6	2013	2012	26178	25070	17082
7	2014	2013	27579	28113	18564
8	2015	2014	30676	30290	20322
9	2016	2015	33187	34406	22531
10	2017	2016	34296	35556	23284

Una vez graficados los datos históricos, la metodología usada para determinar la TCMA, consiste en definir la ecuación de la línea de tendencia general que define el crecimiento del tránsito para cada una de las estaciones analizadas, una vez definida la ecuación para cada caso, se recalculan las abscisas para obtener la pendiente particular entre años subsecuentes de aforo, valores que se promedian para finalmente obtener la tasa de crecimiento media anual.

De acuerdo a los datos de aforo para el periodo 2008-2017 el TPDA presentó una Tasa de Crecimiento Media Anual (TCMA) de 6.69% y 7.16%, en promedio un crecimiento de 6.92%;

no obstante, con el fin de llevar a cabo un análisis conservador se considerará una TCMA de 3.5% anual.

### d) Interacción de la Oferta-Demanda

A mayor demanda, si conservamos la oferta, el nivel de servicio se deteriora, esto se traduce en mayores costos de operación vehicular, altos tiempos de traslado, bajas velocidades de circulación, y por consiguiente, altos cotos generalizados de viaje.

Con base en las características actuales del tramo a intervenir de la carretera San Martín Texmelucan - Tlaxcala - El Molinito y con la capacidad de vehículos que transitan por dicho tramo, se tiene un nivel de **servicio F**, ya que la capacidad de la sección de la carretera es rebasada por la Demanda, lo que ocasiona congestionamientos debido a la intersecciones para la salidas a las localidades de "Belén Atzimitlán" y "San Matías Tepetomatitlán", accidentes vehiculares debido a las bajas velocidades de circulación y a la dificultad de maniobras de rebase.

Datos sin congestión			
Tipo de vehículo	A	B	C
Velocidad de circulación (Km/hr)	35.42	33.27	31.64
Tiempo de recorrido (min)	2.07	2.20	2.32

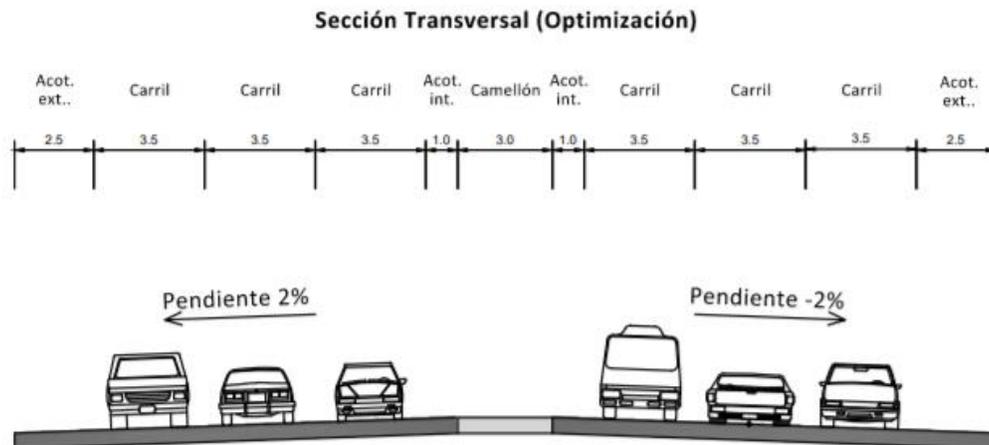
Datos con congestión			
Tipo de vehículo	A	B	C
Velocidad de circulación (Km/hr)	24.79	23.29	22.15
Tiempo de recorrido (min)	2.96	3.15	3.31

(Miles de pesos al año sin IVA)	Sin congestión	Con Congestión	Total
Costos Generalizados de viaje	215,508.32	118,683.38	334,191.70

### III. Situación sin el PPI

#### a) Optimizaciones

La medida de optimización consiste en la construcción de 2 carriles sobre la carretera **San Martín Texmelucan - Tlaxcala - El Molinito**, un carril por cada sentido, de manera que se amplíe la sección teniendo en total 2 cuerpos de circulación, uno por sentido alojando 3 carriles de circulación de 3.5 mts cada carril y haciendo acotamientos internos de 1 metro de cada lado, dejando el ancho del camellón en 3 metros, el ancho de calzada de cada cuerpo será de 10.5 mts y ancho de corona de 14 mts en cada cuerpo; como resultado se tendrá la siguiente sección:



Para la ejecución de la optimización se tendrá que ejecutar 2 carriles de 3.5 mts de ancho cada uno y 2 mts de acotamientos internos, uno de cada lado; así mismo, se considera la construcción de guarniciones para el confinamiento del camellón a lo largo del tramo (1.222 km), colocación del señalamiento horizontal (pintura de tráfico) y la colocación de 30 pzas de señalamiento vertical.

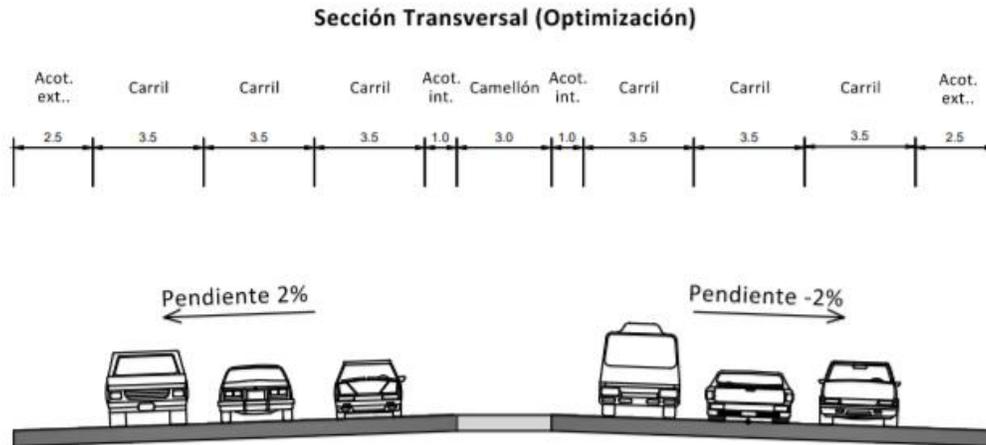
## Análisis Costo-Beneficio Simplificado

Componentes	Unidad de Medida	Cantidad	PU	Importe Total sin IVA	Importe Total con IVA
Preliminares	m2	10,998.00	\$ 90.00	\$ 989,820.00	\$ 1,148,191.20
Teracerías	m2	10,998.00	\$ 160.00	\$ 1,759,680.00	\$ 2,041,228.80
Pavimento asfáltico de 10 cms de espesor	m2	10,998.00	\$ 450.00	\$ 4,949,100.00	\$ 5,740,956.00
Guarniones para confinar camellón	ml	2,444.00	\$ 250.00	\$ 611,000.00	\$ 708,760.00
Señalamiento horizontal (pintura tráfico)	ml	4,888.00	\$ 7.00	\$ 34,216.00	\$ 39,690.56
Señalamiento vertical	pza	30.00	\$ 2,500.00	\$ 75,000.00	\$ 87,000.00
				<b>Total con IVA</b>	<b>\$ 9,765,826.56</b>

Como resultado, tenemos que la optimización se ejecutará con **\$9,765,826.56** con IVA, lo que equivale al **9.04%** del monto total solicitado o al **9.14%** del monto total disponible.

## b) Análisis de la Oferta

La carretera **San Martín Texmelucan - Tlaxcala - El Molinito** cambiará su sección una vez puesta en marcha la medida de optimización en el tramo del **Km 29+518** al **Km 30+740** beneficiando al tránsito al incrementar el número de carriles en cada uno de los cuerpos e incluyendo acotamientos internos de 1 mts de ancho cada uno.



Tramo	San Martín Texmelucan - Tlaxcala - El Molinito
Concepto	
Longitud (km)	1.222
Número de carriles de circulación	6
Ancho de carriles (m)	3.5
Ancho de calzada (m)	21
Ancho de corona (m)	28
Ancho total de sección (m)	31
Acotamiento exterior	Si
Total de Ancho de acotamientos exteriores (m)	5
Camellón central	Si
Ancho de camellón (m)	3
Acotamiento interior	Si
Total de Ancho de acotamientos interiores (m)	2
Tipo de terreno	Plano
Velocidad de operación (km/hr)	44.67
Tiempo de Recorrido (min)	1.64
Estado físico	Bueno
IRI m/km en carriles nuevos	3
IRI m/km en carriles existentes	4

Fuente: Elaboración propia. Se utilizó el dato de la velocidad y el tiempo del tipo de vehículo "A" en el periodo de "sin congestión".

### c) Análisis de la Demanda

Para la estimación de la demanda se realizaron aforos viales en 4 puntos clave de manera que se obtuvieran los vehículos de corto y largo itinerario. Se utilizó el método de las placas flotantes para identificar el recorrido de los vehículos.

El aforo se realizó durante un periodo de 1 mes en un horario de 5 am a 10 pm obteniendo datos con periodos de congestión y sin congestión para cada Origen – Destino relevante para el proyecto, considerando todas las salidas y entradas a las localidades de "Belén Atzimitlán" y "San Matías Tepetomatitlán".

Dadas las necesidades del proyecto donde se requiere identificar el tránsito de largo y corto itinerario, se optó por realizar el aforo por cuenta propia sin considerar los datos viales de la SCT 2018.

La demanda del proyecto es:

Sin congestión	Con congestión	Total
50,978	21,800	<b>72,778</b>

Composición vehicular ambos sentidos		
A	B	C
89.4%	1.1%	9.5%

Tomando en cuenta la TCMA obtenida, se proyecta el TDPA a lo largo del horizonte de evaluación en los periodos de sin congestión y con congestión.

Sin congestión Tránsito (Veh/Día)				Con Congestión Tránsito (Veh/Día)				Total TDPA
A	B	C	Total	A	B	C	Total	
45574	561	4843	<b>50,978</b>	19489	240	2071	<b>21,800</b>	<b>72,778</b>
47169	580	5012	<b>52,762</b>	20171	248	2143	<b>22,563</b>	<b>75,325</b>
48820	601	5188	<b>54,609</b>	20877	257	2219	<b>23,353</b>	<b>77,962</b>
50529	622	5369	<b>56,520</b>	21608	266	2296	<b>24,170</b>	<b>80,690</b>
52298	643	5557	<b>58,498</b>	22364	275	2377	<b>25,016</b>	<b>83,514</b>
54128	666	5752	<b>60,546</b>	23147	285	2460	<b>25,892</b>	<b>86,437</b>
56022	689	5953	<b>62,665</b>	23957	295	2546	<b>26,798</b>	<b>89,463</b>
57983	713	6162	<b>64,858</b>	24796	305	2635	<b>27,736</b>	<b>92,594</b>
60013	738	6377	<b>67,128</b>	25664	316	2727	<b>28,706</b>	<b>95,835</b>
62113	764	6600	<b>69,478</b>	26562	327	2823	<b>29,711</b>	<b>99,189</b>
64287	791	6831	<b>71,910</b>	27491	338	2921	<b>30,751</b>	<b>102,661</b>

## Análisis Costo-Beneficio Simplificado

66537	819	7071	<b>74,426</b>	28454	350	3024	<b>31,827</b>	<b>106,254</b>
68866	847	7318	<b>77,031</b>	29450	362	3129	<b>32,941</b>	<b>109,973</b>
71276	877	7574	<b>79,727</b>	30480	375	3239	<b>34,094</b>	<b>113,822</b>
73771	908	7839	<b>82,518</b>	31547	388	3352	<b>35,288</b>	<b>117,805</b>
76353	939	8114	<b>85,406</b>	32651	402	3470	<b>36,523</b>	<b>121,929</b>
79025	972	8398	<b>88,395</b>	33794	416	3591	<b>37,801</b>	<b>126,196</b>
81791	1006	8691	<b>91,489</b>	34977	430	3717	<b>39,124</b>	<b>130,613</b>
84654	1042	8996	<b>94,691</b>	36201	445	3847	<b>40,493</b>	<b>135,184</b>
87617	1078	9311	<b>98,005</b>	37468	461	3982	<b>41,911</b>	<b>139,916</b>
90683	1116	9636	<b>101,435</b>	38779	477	4121	<b>43,377</b>	<b>144,813</b>
93857	1155	9974	<b>104,986</b>	40137	494	4265	<b>44,896</b>	<b>149,881</b>
97142	1195	10323	<b>108,660</b>	41541	511	4414	<b>46,467</b>	<b>155,127</b>
100542	1237	10684	<b>112,463</b>	42995	529	4569	<b>48,093</b>	<b>160,557</b>
104061	1280	11058	<b>116,400</b>	44500	548	4729	<b>49,777</b>	<b>166,176</b>
107703	1325	11445	<b>120,474</b>	46058	567	4894	<b>51,519</b>	<b>171,992</b>
111473	1372	11846	<b>124,690</b>	47670	587	5066	<b>53,322</b>	<b>178,012</b>
115374	1420	12260	<b>129,054</b>	49338	607	5243	<b>55,188</b>	<b>184,242</b>
119413	1469	12689	<b>133,571</b>	51065	628	5426	<b>57,120</b>	<b>190,691</b>
123592	1521	13133	<b>138,246</b>	52852	650	5616	<b>59,119</b>	<b>197,365</b>
127918	1574	13593	<b>143,085</b>	54702	673	5813	<b>61,188</b>	<b>204,273</b>

### d) Diagnóstico de la interacción Oferta-Demanda

Una vez puesta en marcha la medida de optimización se tendrá una reducción de la problemática en términos de velocidades de circulación, tiempos de recorrido, costos de operación vehicular y por consiguiente, reducción en los tiempos generalizados de viaje.

Problemática (sin congestión)			
Tipo de vehículo	A	B	C
Velocidad de circulación (Km/hr)	40.75	38.31	35.74
Tiempo de recorrido (min)	1.80	1.91	2.05

Problemática (con congestión)			
Tipo de vehículo	A	B	C
Velocidad de circulación (Km/hr)	28.53	26.82	25.02
Tiempo de recorrido (min)	2.57	2.73	2.93

Costos Totales (Miles de Pesos por Año)		
COV	VST	CGV
183,994.34	121,402.79	305,397.13
191,308.14	127,098.01	318,406.16
198,986.89	133,157.89	332,144.79
207,059.23	139,618.07	346,677.30
215,557.49	146,519.33	362,076.82
224,518.36	153,908.63	378,426.99
233,983.66	161,840.31	395,823.98
244,001.34	170,377.70	414,379.05
254,626.64	179,595.08	434,221.72
265,923.56	189,580.21	455,503.78
277,966.68	200,437.69	478,404.37
290,843.40	212,293.16	503,136.56
304,656.77	225,299.10	529,955.87
319,529.01	239,642.45	559,171.46
335,386.02	255,267.56	590,653.59
352,293.83	272,229.48	624,523.30
370,658.01	291,044.38	661,702.39
389,534.07	310,107.84	699,641.91
409,449.54	330,277.40	739,726.93
431,320.04	353,197.88	784,517.92
455,513.32	379,610.02	835,123.33
482,493.58	410,566.39	893,059.97
511,093.00	444,605.75	955,698.76
533,111.88	467,471.33	1,000,583.20
551,770.79	483,832.82	1,035,603.61
571,082.77	500,766.97	1,071,849.74
591,070.67	518,293.82	1,109,364.48
611,758.14	536,434.10	1,148,192.24
633,169.67	555,209.29	1,188,378.97
655,330.61	574,641.62	1,229,972.23
678,267.18	594,754.08	1,273,021.26

\*La presentación de los CGV de corto y largo itinerario en los periodos con y sin congestión se incluyen en la matriz anexa al estudio (memoria de cálculo).

Sin embargo, al tener un TDPA de 72,778; la sección con 3 carriles por cada cuerpo sigue siendo pequeña con respecto a la capacidad de vehículos que transitan por el tramo del proyecto. Lo anterior debido a que una vialidad de 6 carriles de circulación considerada por la SCT como una vialidad con características especiales, aun se considera insuficiente para la demanda total del proyecto. Aunado a lo anterior, no quedan confinados los carriles para el tránsito de largo itinerario por lo que siguen estando mezclados los vehículos de largo y corto itinerario generando problemas para las salidas y/o desviaciones hacia las localidades de "Belén Atzimititlán" y "San Matías Tepetomatitlán". Se mejora el nivel de servicio a un tipo D.

## e) Alternativas de solución

**Alternativa 1 (Construcción del paso deprimido con concreto asfáltico y muros a base de pilas de confinamiento y concreto armado):** El proyecto consiste en la construcción del Complejo Vial Metroplitano de Tlaxcala (Paso Deprimido) sobre la carretera San Martín Texmelucan - Tlaxcala - El Molinito en el tramo del Km 29+518 al Km 30+740 en las localidades de "Belén Atzimitlán" y "San Matías Tepetomatitlán" en el municipio de "Apetatitlán de Antonio Carvajal" en el estado de Tlaxcala.

El paso deprimido se ejecutará a lo largo de 1.222 Km y se compondrá de 50 metros lineales de accesos al inicio y término (rampas de descenso) del mismo y 1,122 metros lineales en túnel, el cual tendrá una sección que abarcará 2 cuerpos de circulación, uno por sentido, conformado cada uno por 3 carriles de circulación de 3.5 metros de ancho y un camellón central de 3.5 metros para la separación de los cuerpos. Por lo anterior, se contará con un ancho total de sección del deprimido de 24.5 metros.

Por la construcción del paso deprimido, se reconstruirá la carretera a nivel debido a que la construcción del acceso se construirá en la carretera actual, por lo que se deberá modernizar todo el tramo del proyecto. Cabe mencionar que aunque el ancho del deprimido es menor que el ancho de sección de la carretera actual, se considera la modernización de la carretera a nivel en su ancho de sección total debido a la modificación del alineamiento vertical (niveles de rasante).

Por lo anterior se tendrán 2 secciones distintas.

Del tramo del Km 29+518 al Km 29+568 y del Km 30+690 al Km 30+740 se ejecutarán los accesos y descensos del deprimido. El ancho de sección de la carretera a nivel en los cadenamientos antes mencionados será de 45.5 metros alojando así 2 cuerpos de circulación por sentido conformado cada uno por 2 carriles de circulación de 3.5 metros de ancho y un acotamiento exterior de 2.5 metros en cada cuerpo; lo anterior considera únicamente la sección de la carretera a nivel; sin embargo se le agregará la sección del acceso del deprimido, contando con un ancho de sección de 26.5 metros, considerando el ancho de los muros y la sección del deprimido.

Del Km 29+568 al Km 30+690 se ejecutará la sección del deprimido. El ancho de sección de la carretera a nivel en los cadenamientos antes mencionados será de 31 metros alojando así 2 cuerpos de circulación por sentido conformado cada uno por 2 carriles de circulación de 3.5 metros de ancho y un acotamiento exterior de 2.5 metros en cada cuerpo, así como los 12 metros de camellón central confinado entre guarniciones; parte de la sección antes descrita se encuentra sobre la estructura del deprimido soportado por una losa de concreto y un colchón de 2.5 metros de espesor. Debajo de esta sección se alojará el deprimido con su sección total de 24.5 metros a una profundidad de 7.5 metros.

## Análisis Costo-Beneficio Simplificado

Componente	Unidad de Medida	Cantidad	Precio Unitario (Importe sin IVA)	Subtotal (Importe con IVA)	Total (Importe con IVA)
Preliminares sección total	m2	39332	\$56.03	\$2,203,948.28	\$2,556,580.00
Deprimido.-Terracerias (Cajón Para Deprimido 7.4 prom de prof)	m2	29939	\$159.48	\$4,774,754.31	\$5,538,715.00
Deprimido.-Pavimento de concreto asfáltico	m2	25662	\$387.93	\$9,955,086.21	\$11,547,900.00
Deprimido.-Camellon (losa de concreto)	m2	4277	\$224.14	\$958,637.93	\$1,112,020.00
Deprimido.-Señalamiento vertical	pza	10	\$2,155.17	\$21,551.72	\$25,000.00
Deprimido.-Señalamiento horizontal (pintura de tráfico)	ml	9776	\$6.03	\$58,993.10	\$68,432.00
Deprimido.-Muros de contencion (pilas de 80 cm @ 2.4) tramo intermedio	pzas	1018	\$31,012.43	\$31,570,653.88	\$36,621,958.50
Deprimido.-Muro de Contención (Muro de concreto Armado) de 7.4	m2	18085.6	\$560.34	\$10,134,172.41	\$11,755,640.00
Deprimido.-Losa de Concreto Armado	m2	27489	\$745.69	\$20,498,262.93	\$23,777,985.00
Deprimido.-Terracerias (Colchón de Deprimido (1.5 m) sobre losa)	m2	27489	\$32.33	\$888,653.02	\$1,030,837.50
Deprimido.-Parapetos en accesos de acero	ml	200	\$1,439.66	\$287,931.03	\$334,000.00
Deprimido.-Luminarios Led tipo reflector (incluye cableado)	pza	162	\$6,896.55	\$1,117,241.38	\$1,296,000.00
Carr. Nivel.-Pavimento de concreto asfáltico	m2	23218	\$387.93	\$9,006,982.76	\$10,448,100.00
Carr. Nivel.-Guarniciones de concreto para camellón tramo intermedio	ml	2244	\$215.52	\$483,620.69	\$561,000.00
Carr. Nivel.-Señalamiento Vertical	pza	30	\$2,155.17	\$64,655.17	\$75,000.00
Carr. Nivel.-Señalamiento horizontal (pintura de tráfico)	ml	8976	\$6.03	\$54,165.52	\$62,832.00
<b>Subtotal disponible</b>					<b>\$92,079,310.34</b>
IVA					\$14,732,689.66
Total Disponible					\$106,812,000.00
Cuota al millar					\$108,000.00
Gastos de administración					\$1,080,000.00
<b>Total Solicitado</b>					<b>\$108,000,000.00</b>

Se consideran los siguientes tipos de mantenimiento y sus periodicidades.

Paso deprimido	
Longitud (km)	1.222
Número de carriles	6.00

Carretera a Nivel	
Longitud (km)	1.222
Número de carriles	4.00

Concepto	Costos por kilómetro por carril (miles de pesos)	Periodicidad
Rutinaria	31.00	anual
periódica	150.00	c/4 años
Sobrecarpeta	825.00	c/8 años
Reconstrucción	2,250.00	c/16 años
Factor de deprimido	1.20	anual

Concepto	Costos por kilómetro por carril (miles de pesos)	Periodicidad
Rutinaria	31.00	anual
Periódica	150.00	c/4 años
Sobrecarpeta	825.00	c/8 años
Reconstrucción	2,250.00	c/16 años

Ventajas:

- Menor inversión.
- Incremento en la capacidad de Oferta.

Desventajas:

- Mayor tiempo en la ejecución de la obra.
- Menor vida útil.
- Mayores costos de mantenimiento.

**Alternativa 2 (Construcción del paso deprimido con concreto hidráulico y muros a base de tablaestacado de acero de sección “Z”):** El proyecto consiste en la construcción del Complejo Vial Metroplitano de Tlaxcala (Paso Deprimido) sobre la carretera San Martín Texmelucan - Tlaxcala - El Molinito en el tramo del Km 29+518 al Km 30+740 en las localidades de "Belén Atzimititlán" y "San Matías Tepetomatitlán" en el municipio de "Apetatitlán de Antonio Carvajal" en el estado de Tlaxcala.

El paso deprimido se ejecutará a lo largo de 1.222 Km y se compondrá de 50 metros lineales de accesos al inicio y término (rampas de descenso) del mismo y 1,122 metros lineales en túnel, el cual tendrá una sección que abarcará 2 cuerpos de circulación, uno por sentido, conformado cada uno por 3 carriles de circulación de 3.5 metros de ancho y un camellón central de 3.5 metros para la separación de los cuerpos. Por lo anterior, se contará con un ancho total de sección del deprimido de 24.5 metros.

Por la construcción del paso deprimido, se reconstruirá la carretera a nivel debido a que la construcción del acceso se construirá en la carretera actual, por lo que se deberá modernizar todo el tramo del proyecto. Cabe mencionar que aunque el ancho del deprimido es menor que el ancho de sección de la carretera actual, se considera la modernización de la carretera a nivel en su ancho de sección total debido a la modificación del alineamiento vertical (niveles de rasante). Por lo anterior se tendrán 2 secciones distintas.

Del tramo del Km 29+518 al Km 29+568 y del Km 30+690 al Km 30+740 se ejecutarán los accesos y descensos del deprimido. El ancho de sección de la carretera a nivel en los cadenamamientos antes mencionados será de 45.5 metros alojando así 2 cuerpos de circulación por sentido conformado cada uno por 2 carriles de circulación de 3.5 metros de ancho y un acotamiento exterior de 2.5 metros en cada cuerpo; lo anterior considera únicamente la sección de la carretera a nivel; sin embargo se le agregará la sección del acceso del deprimido, contando con un ancho de sección de 26.5 metros, considerando el ancho de los muros y la sección del deprimido.

Del Km 29+568 al Km 30+690 se ejecutará la sección del deprimido. El ancho de sección de la

## Análisis Costo-Beneficio Simplificado

carretera a nivel en los cadenamientos antes mencionados será de 31 metros alojando así 2 cuerpos de circulación por sentido conformado cada uno por 2 carriles de circulación de 3.5 metros de ancho y un acotamiento exterior de 2.5 metros en cada cuerpo, así como los 12 metros de camellón central confinado entre guarniciones; parte de la sección antes descrita se encuentra sobre la estructura del deprimido soportado por una losa de concreto y un colchón de 2.5 metros de espesor. Debajo de esta sección se alojará el deprimido con su sección total de 24.5 metros a una profundidad de 7.5 metros.

Componente	Unidad de Medida	Cantidad	Precio Unitario (Importe sin IVA)	Subtotal (Importe con IVA)	Total (Importe con IVA)
Preliminares sección total	m2	39332	\$56.03	\$2,203,948.28	\$2,556,580.00
Deprimido.-Terracerías (Cajón Para Deprimido 7.4 prom de prof)	m2	29939	\$159.48	\$4,774,754.31	\$5,538,715.00
Deprimido.-Pavimento de concreto Hidráulico	m2	25662	\$767.24	\$19,688,948.28	\$22,839,180.00
Deprimido.-Camellon (losa de concreto)	m2	4277	\$224.14	\$958,637.93	\$1,112,020.00
Deprimido.-Señalamiento vertical	pza	10	\$2,155.17	\$21,551.72	\$25,000.00
Deprimido.-Señalamiento horizontal (pintura de tráfico)	ml	9776	\$6.03	\$58,993.10	\$68,432.00
Deprimido.-Muro de Contención a base de Tablaestacado de Acero sección z	pzas	1018	\$45,946.07	\$46,773,103.45	\$54,256,800.00
Deprimido.-Losa de Concreto Armado	m2	18085.6	\$1,133.40	\$20,498,262.93	\$23,777,985.00
Deprimido.-Terracerías (Colchón de Deprimido (1.5 m) sobre losa)	m2	27489	\$32.33	\$888,653.02	\$1,030,837.50
Deprimido.-Parapetos en accesos de acero	m2	27489	\$10.47	\$287,931.03	\$334,000.00
Deprimido.-Luminarios Led tipo reflector (incluye cableado)	ml	200	\$5,586.21	\$1,117,241.38	\$1,296,000.00
Carr. Nivel.-Pavimento de concreto hidráulico	pza	162	\$109,961.79	\$17,813,810.34	\$20,664,020.00
Carr. Nivel.-Guarniciones de concreto para camellón tramo intermedio	m2	23218	\$20.83	\$483,620.69	\$561,000.00
Carr. Nivel.-Señalamiento Vertical	ml	2244	\$28.81	\$64,655.17	\$75,000.00
Carr. Nivel.-Señalamiento horizontal (pintura de tráfico)	pza	30	\$1,805.52	\$54,165.52	\$62,832.00
				Subtotal disponible	\$115,688,277.16
				IVA	\$18,510,124.34
				Total Disponible	\$134,198,401.50

Se consideran los siguientes tipos de mantenimiento y sus periodicidades.

Paso deprimido	
Longitud (km)	1.222
Número de carriles	6.00

Carretera a Nivel	
Longitud (km)	1.222
Número de carriles	4.00

Concepto	Costos por kilómetro por carril (miles de pesos)	Periodicidad
Rutinaria	29.00	anual
Periódica	420.00	c/5 años
Reconstrucción	1,490.00	c/10 años
Factor de deprimido	1.20	anual

Concepto	Costos por kilómetro por carril (miles de pesos)	Periodicidad
Rutinaria	29.00	anual
Periódica	420.00	c/5 años
Reconstrucción	1,490.00	c/10 años

Ventajas:

- Incremento en la capacidad de Oferta.
- Mayor vida útil.
- Menores costos de mantenimiento.
- Menor tiempo de ejecución de la obra.

Desventajas:

- Mayor inversión.

A continuación se presentan el flujo de los costos de ambas alternativas, a lo largo del horizonte de evaluación, de manera que se identifique cuál de éstas es la más conveniente para ejecutar.

Alternativa 1 (miles de pesos)								
H.E.	Inversión	Costos Molestias	Rutinaria	Periodica	Sobrecarpeta	Reconstrucción	Total anual	VPC
0	92,079.31	63,294.42	-	-	-	-	155,373.73	155,373.73
1			424.28	-	-	-	424.28	385.71
2			424.28	-	-	-	424.28	350.64
3			424.28	-	-	-	424.28	318.77
4			-	2,052.96	-	-	2,052.96	1,402.20
5			424.28	-	-	-	424.28	263.44
6			424.28	-	-	-	424.28	239.49
7			424.28	-	-	-	424.28	217.72
8			-	-	11,291.28	-	11,291.28	5,267.47
9			424.28	-	-	-	424.28	179.94
10			424.28	-	-	-	424.28	163.58
11			424.28	-	-	-	424.28	148.71
12			-	2,052.96	-	-	2,052.96	654.14
13			424.28	-	-	-	424.28	122.90
14			424.28	-	-	-	424.28	111.73
15			424.28	-	-	-	424.28	101.57
16			-	-	-	30,794.40	30,794.40	6,701.76
17			424.28	-	-	-	424.28	83.94
18			424.28	-	-	-	424.28	76.31
19			424.28	-	-	-	424.28	69.37
20			-	2,052.96	-	-	2,052.96	305.16
21			424.28	-	-	-	424.28	57.33
22			424.28	-	-	-	424.28	52.12
23			424.28	-	-	-	424.28	47.38
24			-	-	11,291.28	-	11,291.28	1,146.35
25			424.28	-	-	-	424.28	39.16
26			424.28	-	-	-	424.28	35.60
27			424.28	-	-	-	424.28	32.36
28			-	2,052.96	-	-	2,052.96	142.36
29			424.28	-	-	-	424.28	26.75
30			424.28	-	-	-	424.28	24.31
							<b>VPC</b>	<b>174,141.99</b>
							<b>VPC</b>	<b>174,141.99</b>
							<b>CAE</b>	<b>-\$18,472.85</b>

## Análisis Costo-Beneficio Simplificado

Alternativa 2 (miles de pesos)							
H.E.	Inversión	Costos Molestias	Rutinaria	Periodica	Reconstrucción	Total anual	VPC
0	115,688.28	63,294.42	-	-	-	178,982.69	178,982.69
1			396.91	-	-	396.91	396.91
2			396.91	-	-	396.91	396.91
3			396.91	-	-	396.91	396.91
4			396.91	-	-	396.91	396.91
5			-	5,748.29	-	5,748.29	5,748.29
6			396.91	-	-	396.91	396.91
7			396.91	-	-	396.91	396.91
8			396.91	-	-	396.91	396.91
9			396.91	-	-	396.91	396.91
10			-	-	20,392.74	20,392.74	20,392.74
11			396.91	-	-	396.91	396.91
12			396.91	-	-	396.91	396.91
13			396.91	-	-	396.91	396.91
14			396.91	-	-	396.91	396.91
15			-	5,748.29	-	5,748.29	5,748.29
16			396.91	-	-	396.91	396.91
17			396.91	-	-	396.91	396.91
18			396.91	-	-	396.91	396.91
19			396.91	-	-	396.91	396.91
20			-	-	20,392.74	20,392.74	20,392.74
21			396.91	-	-	396.91	396.91
22			396.91	-	-	396.91	396.91
23			396.91	-	-	396.91	396.91
24			396.91	-	-	396.91	396.91
25			-	5,748.29	-	5,748.29	5,748.29
26			396.91	-	-	396.91	396.91
27			396.91	-	-	396.91	396.91
28			396.91	-	-	396.91	396.91
29			396.91	-	-	396.91	396.91
30			-	-	20,392.74	20,392.74	20,392.74
31			396.91	-	-	396.91	396.91
32			396.91	-	-	396.91	396.91
33			396.91	-	-	396.91	396.91
34			396.91	-	-	396.91	396.91
35			-	5,748.29	-	5,748.29	5,748.29
36			396.91	-	-	396.91	396.91
37			396.91	-	-	396.91	396.91
38			396.91	-	-	396.91	396.91
39			396.91	-	-	396.91	396.91
40			396.91	-	-	396.91	396.91
						VPC	276,251.94
						VPC	199,979.70
						CAE	-\$20,449.81

Con lo anterior se observa que la alternativa más rentable económicamente es la **Alternativa 1**, la construcción del paso deprimido con concreto asfáltico y muros a base de pilas de confinamiento y concreto armado, con un Costo Anual Equivalente (CAE) de 18,472.85 contra un CAE de 20,449.81 de la Alternativa 2.

## IV. Situación con el PPI

### a) Descripción general

De la siguiente tabla se seleccionará el tipo de PPI.

Tipo de PPI	
Proyecto de infraestructura económica	<input checked="" type="checkbox"/>
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 consiste en la construcción del Complejo Vial Metroropolitano de Tlaxcala (Paso Deprimido) sobre la carretera San Martín Texmelucan - Tlaxcala - El Molinito en el tramo del Km 29+518 al Km 30+740 en las localidades de "Belén Atzimitlán" y "San Matías Tepetomatitlán" en el municipio de "Apetatitlán de Antonio Carvajal" en el estado de Tlaxcala.

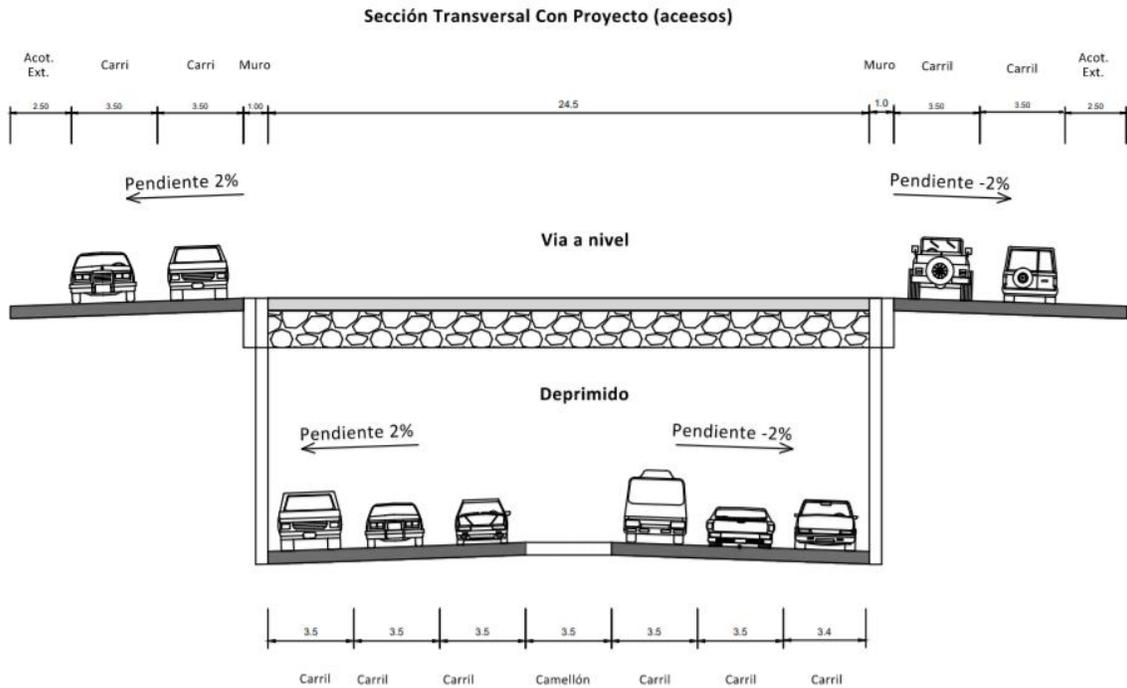
El paso deprimido se ejecutará a lo largo de 1.222 Km y se compondrá de 50 metros lineales de accesos al inicio y término (rampas de descenso) del mismo y 1,122 metros lineales en túnel, el cual tendrá una sección que abarcará 2 cuerpos de circulación, uno por sentido, conformado cada uno por 3 carriles de circulación de 3.5 metros de ancho y un camellón central de 3.5 metros para la separación de los cuerpos. Por lo anterior, se contará con un ancho total de sección del deprimido de 24.5 metros.

Por la construcción del paso deprimido, se reconstruirá la carretera a nivel debido a que la construcción del acceso se construirá en la carretera actual, por lo que se deberá modernizar todo el tramo del proyecto. Cabe mencionar que aunque el ancho del deprimido es menor que el ancho de sección de la carretera actual, se considera la modernización de la carretera a nivel en su ancho de sección total debido a la modificación del alineamiento vertical (niveles de rasante).

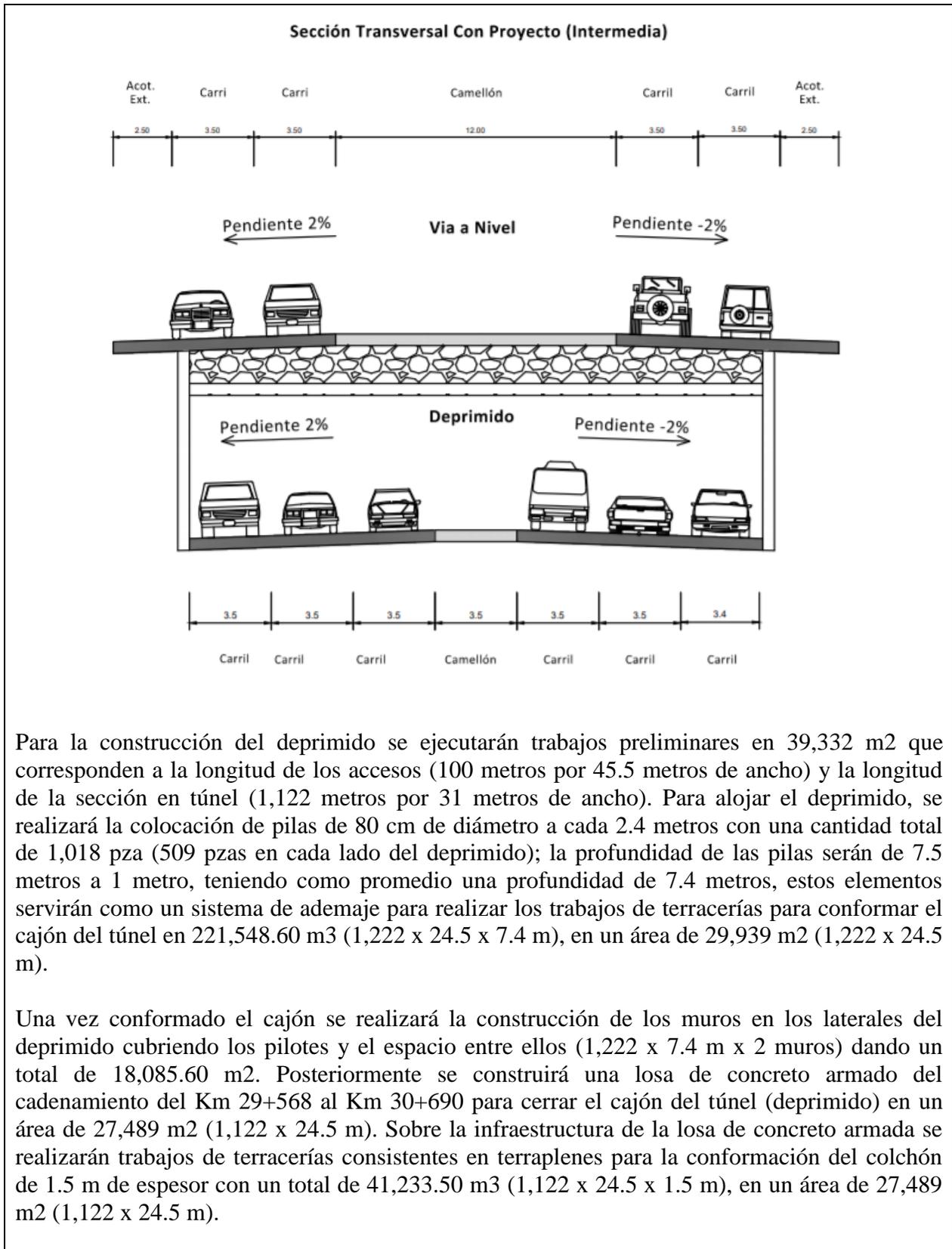
Por lo anterior se tendrán 2 secciones distintas.

Del tramo del Km 29+518 al Km 29+568 y del Km 30+690 al Km 30+740 se ejecutarán los accesos y descensos del deprimido. El ancho de sección de la carretera a nivel en los cadenamientos antes mencionados será de 45.5 metros alojando así 2 cuerpos de circulación por sentido conformado cada uno por 2 carriles de circulación de 3.5 metros de ancho y un acotamiento exterior de 2.5 metros en cada cuerpo; lo anterior considera únicamente la sección de la carretera a nivel; sin embargo se le agregará la sección del acceso del deprimido, contando con un ancho de sección de 26.5 metros, considerando el ancho de los muros y la sección del

deprimido.



Del Km 29+568 al Km 30+690 se ejecutará la sección del deprimido. El ancho de sección de la carretera a nivel en los cadenamientos antes mencionados será de 31 metros alojando así 2 cuerpos de circulación por sentido conformado cada uno por 2 carriles de circulación de 3.5 metros de ancho y un acotamiento exterior de 2.5 metros en cada cuerpo, así como los 12 metros de camellón central confinado entre guarniciones; parte de la sección antes descrita se encuentra sobre la estructura del deprimido soportado por una losa de concreto y un colchón de 2.5 metros de espesor. Debajo de esta sección se alojará el deprimido con su sección total de 24.5 metros a una profundidad de 7.5 metros.



Para la construcción del deprimido se ejecutarán trabajos preliminares en 39,332 m<sup>2</sup> que corresponden a la longitud de los accesos (100 metros por 45.5 metros de ancho) y la longitud de la sección en túnel (1,122 metros por 31 metros de ancho). Para alojar el deprimido, se realizará la colocación de pilas de 80 cm de diámetro a cada 2.4 metros con una cantidad total de 1,018 pza (509 pzas en cada lado del deprimido); la profundidad de las pilas serán de 7.5 metros a 1 metro, teniendo como promedio una profundidad de 7.4 metros, estos elementos servirán como un sistema de ademaje para realizar los trabajos de terracerías para conformar el cajón del túnel en 221,548.60 m<sup>3</sup> (1,222 x 24.5 x 7.4 m), en un área de 29,939 m<sup>2</sup> (1,222 x 24.5 m).

Una vez conformado el cajón se realizará la construcción de los muros en los laterales del deprimido cubriendo los pilotes y el espacio entre ellos (1,222 x 7.4 m x 2 muros) dando un total de 18,085.60 m<sup>2</sup>. Posteriormente se construirá una losa de concreto armado del cadenamiento del Km 29+568 al Km 30+690 para cerrar el cajón del túnel (deprimido) en un área de 27,489 m<sup>2</sup> (1,122 x 24.5 m). Sobre la infraestructura de la losa de concreto armada se realizarán trabajos de terracerías consistentes en terraplenes para la conformación del colchón de 1.5 m de espesor con un total de 41,233.50 m<sup>3</sup> (1,122 x 24.5 x 1.5 m), en un área de 27,489 m<sup>2</sup> (1,122 x 24.5 m).

## Análisis Costo-Beneficio Simplificado

Se pavimentará los 6 carriles de circulación del deprimido a base de concreto asfáltico para dejar una superficie de rodamiento con un Índice de Rugosidad Internacional de 3 m/km. Por lo anterior se colocarán 25,662 m<sup>2</sup> de carpeta asfáltica (1,222 x 21 m). Un camellón central a base losa de concreto con un ancho de 3.5 metros dando un total de 4,277 m<sup>2</sup> (1,222 x 3.5 m). Dentro del deprimido, se colocarán 10 pzas de señalamiento vertical, 9,776 ml de señalamiento horizontal y en los accesos se colocarán 200 metros de parapetos de acero. Se colocarán 162 pzas de alumbrado dentro del deprimido a base de luminaria led tipo reflector (incluye su cableado) empotrada en los muros. Se colocarán a cada 15 metros a lo largo del tramo del deprimido (81 pzas en cada cuerpo).

Una vez construido el paso deprimido, se realizará la modernización de la carretera a nivel, se pavimentarán los carriles y acotamientos a base de concreto asfáltico para dejar una superficie de rodamiento con un Índice de Rugosidad Internacional de 3 m/km. Por lo anterior se colocarán 23,218 m<sup>2</sup> de carpeta asfáltica (1,222 x 19 m). Un camellón central con un ancho de 12 metros a base de guarniciones para su confinamiento (1,222 x 2) dando una longitud total de 2,244 ml. Se colocarán 30 pzas de señalamiento vertical y 8,976 ml de señalamiento horizontal.

Componente	Unidad de Medida	Cantidad	Precio Unitario (Importe sin IVA)	Subtotal (Importe con IVA)	Total (Importe con IVA)
Preliminares sección total	m2	39332	\$56.03	\$2,203,948.28	\$2,556,580.00
Deprimido.-Terracerias (Cajón Para Deprimido 7.4 prom de prof)	m2	29939	\$159.48	\$4,774,754.31	\$5,538,715.00
Deprimido.-Pavimento de concreto asfáltico	m2	25662	\$387.93	\$9,955,086.21	\$11,547,900.00
Deprimido.-Camellon (losa de concreto)	m2	4277	\$224.14	\$958,637.93	\$1,112,020.00
Deprimido.-Señalamiento vertical	pza	10	\$2,155.17	\$21,551.72	\$25,000.00
Deprimido.-Señalamiento horizontal (pintura de tráfico)	ml	9776	\$6.03	\$58,993.10	\$68,432.00
Deprimido.-Muros de contencion (pilas de 80 cm @ 2.4) tramo intermedio	pzas	1018	\$31,012.43	\$31,570,653.88	\$36,621,958.50
Deprimido.-Muro de Contención (Muro de concreto Armado) de 7.4	m2	18085.6	\$560.34	\$10,134,172.41	\$11,755,640.00
Deprimido.-Losa de Concreto Armado	m2	27489	\$745.69	\$20,498,262.93	\$23,777,985.00
Deprimido.-Terracerias (Colchón de Deprimido (1.5 m) sobre losa)	m2	27489	\$32.33	\$888,653.02	\$1,030,837.50
Deprimido.-Parapetos en accesos de acero	ml	200	\$1,439.66	\$287,931.03	\$334,000.00
Deprimido.-Luminarios Led tipo reflector (incluye cableado)	pza	162	\$6,896.55	\$1,117,241.38	\$1,296,000.00
Carr. Nivel.-Pavimento de concreto asfáltico	m2	23218	\$387.93	\$9,006,982.76	\$10,448,100.00
Carr. Nivel.-Guarniciones de concreto para camellón tramo intermedio	ml	2244	\$215.52	\$483,620.69	\$561,000.00
Carr. Nivel.-Señalamiento Vertical	pza	30	\$2,155.17	\$64,655.17	\$75,000.00
Carr. Nivel.-Señalamiento horizontal (pintura de tráfico)	ml	8976	\$6.03	\$54,165.52	\$62,832.00
				<b>Subtotal disponible</b>	<b>\$92,079,310.34</b>
				<b>IVA</b>	<b>\$14,732,689.66</b>
				<b>Total Disponible</b>	<b>\$106,812,000.00</b>
				<b>Cuota al millas</b>	<b>\$108,000.00</b>
				<b>Gastos de administración</b>	<b>\$1,080,000.00</b>
				<b>Total Solicitado</b>	<b>\$108,000,000.00</b>

Una vez ejecutado el proyecto se tendrá la construcción del paso deprimido exclusivamente para el tránsito de largo itinerario; así como la carretera a nivel para el tránsito local.

Al término del proyecto se contará con infraestructura operable, completa, final y funcional sin la necesidad de depender de otras etapas ajenas al proyecto para su correcta funcionalidad.

Es importante mencionar que se realizó una primera etapa de la construcción del Complejo vial a base de un puente atirantado sobre la carretera “Puebla – Belem” (cadenamiento Km 30+191.48) hacia la carretera “San Martín Texmelucan - Tlaxcala - El Molinito”, en dirección “Chiautempan - San Martín Texmelucan”, sin embargo dicho proyecto se considera separable al paso deprimido, debido a que la demanda utilizada no tomó en cuenta el TDPA que se desviará con el puente atirantado, pues éste tránsito ya no impactará en nuestro proyecto pues no hará el recorrido en el tramo relevante.

## b) Alineación estratégica

El proyecto es compatible con los objetivos establecidos en el Plan Nacional de Desarrollo en materia de infraestructura carretera:

### *Pan Nacional de Desarrollo 2013-2018*

#### **VI.4. México Próspero**

**Objetivo 4.9.** Contar con una infraestructura de transporte que se refleje en menores costos para realizar la actividad económica.

**Estrategia 4.9.1.** Modernizar, ampliar y conservar la infraestructura de los diferentes modos de transporte, así como mejorar su conectividad bajo criterios estratégicos y de eficiencia.

- **Eje:** Contar con una infraestructura de transporte que se refleje en menores costos para realizar la actividad económica.
- **Línea de Acción:** Promover que la modernización de nueva infraestructura favorezca la integración logística y aumentar la competitividad derivada de una mayor interconectividad. Evaluar las necesidades de infraestructura a largo plazo para el desarrollo de la economía, considerando el desarrollo regional, las tendencias demográficas, las vocaciones económicas y la conectividad internacional, entre otros. Consolidar y/o modernizar los ejes troncales transversales y longitudinales estratégicos y concluir aquellos que se encuentren pendientes. Mejorar y modernizar la red de caminos rurales y alimentadores.

Además cumple con lo dispuesto en el artículo 34 fracción I de la Ley de Presupuesto y Responsabilidad Hacendaria (LFPRH).

#### ***Plan Nacional de Infraestructura.***

Objetivo: Desarrollar ejes interregionales que mejoren la comunicación y la conectividad de la red carretera, así como mejorar el estado físico de la infraestructura carretera y reducir el índice de accidentes.

Estrategia: 1. Desarrollar ejes interregionales que mejoren la comunicación y la conectividad de la red carretera, así como mejorar el estado físico de la infraestructura carretera y reducir el índice de accidentes.

#### ***Programa Sectorial de Comunicaciones y Transportes.***

Objetivo sectorial: Cobertura, Estrategia 1.2.4 Construir y modernizar la red de caminos rurales y alimentadores con objetivo de facilitar el acceso a los servicios básicos a toda la

población rural en especial a la de escasos recursos y promover un desarrollo social equilibrado.

Estrategia: 1. Construir y modernizar la infraestructura carretera de las comunidades rurales, en especial a las más alejadas de los centros urbanos.

***Programa de Caminos Rurales y Alimentadores.***

Objetivo: Impulsar y apoyar la construcción, modernización, reconstrucción y conservación de los caminos rurales y alimentadores para coadyuvar el desarrollo económico y social.

Estrategia: Apoyar la construcción, modernización, reconstrucción y conservación de los caminos rurales y alimentadores para coadyuvar al desarrollo económico y social de las pequeñas comunidades; facilitar su acceso a los servicios de salud y educación; generar empleos e inducir el intercambio de productos y servicios.

***Plan Nacional de Desarrollo Urbano 2014-2018***

Capítulo III. Objetivos, Estrategias y Líneas de Acción.

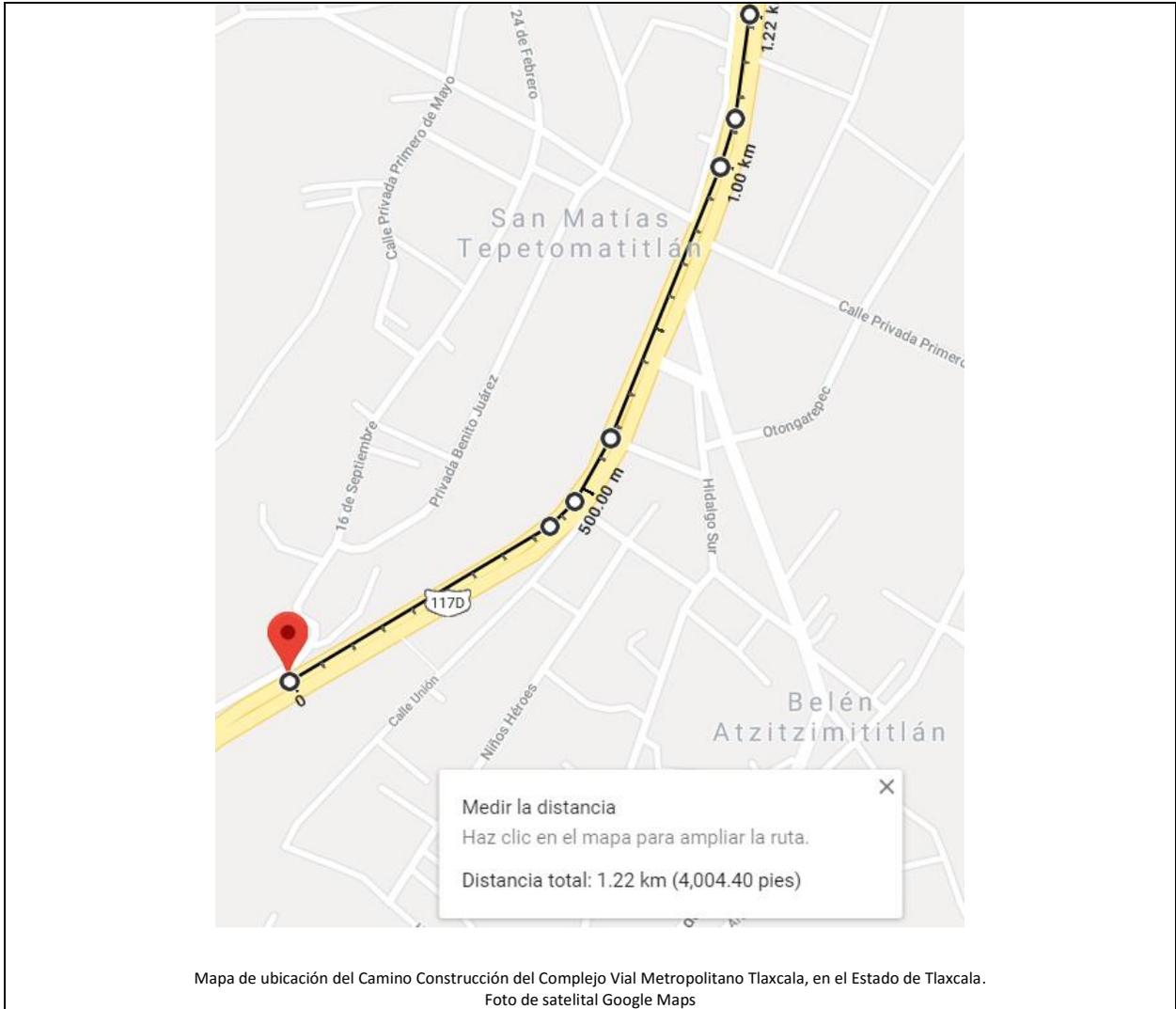
Objetivo 2. Consolidar un modelo de desarrollo urbano que genere bienestar para los ciudadanos, garantizando la sustentabilidad social y ambiental.

Objetivo 4. Impulsar una política de movilidad sustentable que garantice la calidad, disponibilidad, conectividad y accesibilidad de los viajes urbanos.

**c) Localización geográfica**

El tramo a intervenir con el proyecto va del cadenamamiento del Km 29+518 al Km 30+740 en las localidades de "Belén Atzimititlán" y "San Matías Tepetomatitlán" en el municipio de "Apetatitlán de Antonio Carvajal" en el estado de Tlaxcala.

INICIO	TÉRMINO
19.346763, -98.196177	19.355298, -98.189925



Mapa de ubicación del Camino Construcción del Complejo Vial Metropolitano Tlaxcala, en el Estado de Tlaxcala.  
Foto de satelital Google Maps

### d) Calendario de actividades

El calendario de actividades del proyecto se estima ejecutarse en 10 meses

Avance	Mes 1	Mes 2	Mes 3	Mes 4	Mes 5	Mes 6
Físico (%)	7.00	9.00	9.00	7.00	7.00	15.00
Financiero (\$)	7,476,840.00	9,613,080.00	9,613,080.00	7,476,840.00	7,476,840.00	16,021,800.00

Avance	Mes 7	Mes 8	Mes 9	Mes 10
Físico (%)	15.00	14.00	12.00	5.00
Financiero (\$)	16,021,800.00	14,953,680.00	12,817,440.00	5,340,600.00

Total Físico:	100.00
Total Financiero Disponible:	\$ 106,812,000.00
Cuota al Millar:	\$ 108,000.00
Gastos de Administración:	\$ 1,080,000.00
Total Financiero Solicitado:	\$ 108,000,000.00

### e) Monto total de inversión

Componente	Unidad de Medida	Cantidad	Precio Unitario (Importe sin IVA)	Subtotal (Importe con IVA)	Total (Importe con IVA)
Preliminares sección total	m2	39332	\$56.03	\$2,203,948.28	\$2,556,580.00
Deprimido.-Terracerías (Cajón Para Deprimido 7.4 prom de prof)	m2	29939	\$159.48	\$4,774,754.31	\$5,538,715.00
Deprimido.-Pavimento de concreto asfáltico	m2	25662	\$387.93	\$9,955,086.21	\$11,547,900.00
Deprimido.-Camellón (losa de concreto)	m2	4277	\$224.14	\$958,637.93	\$1,112,020.00
Deprimido.-Señalamiento vertical	pza	10	\$2,155.17	\$21,551.72	\$25,000.00
Deprimido.-Señalamiento horizontal (pintura de tráfico)	ml	9776	\$6.03	\$58,993.10	\$68,432.00
Deprimido.-Muros de contención (pilas de 80 cm @ 2.4) tramo intermedio	pzas	1018	\$31,012.43	\$31,570,653.88	\$36,621,958.50
Deprimido.-Muro de Contención (Muro de concreto Armado) de 7.4	m2	18085.6	\$560.34	\$10,134,172.41	\$11,755,640.00
Deprimido.-Losa de Concreto Armado	m2	27489	\$745.69	\$20,498,262.93	\$23,777,985.00
Deprimido.-Terracerías (Colchón de Deprimido (1.5 m) sobre losa)	m2	27489	\$32.33	\$888,653.02	\$1,030,837.50
Deprimido.-Parapetos en accesos de acero	ml	200	\$1,439.66	\$287,931.03	\$334,000.00
Deprimido.-Luminarios Led tipo reflector (incluye cableado)	pza	162	\$6,896.55	\$1,117,241.38	\$1,296,000.00
Carr. Nivel.-Pavimento de concreto asfáltico	m2	23218	\$387.93	\$9,006,982.76	\$10,448,100.00
Carr. Nivel.-Guarniciones de concreto para camellón tramo intermedio	ml	2244	\$215.52	\$483,620.69	\$561,000.00
Carr. Nivel.-Señalamiento Vertical	pza	30	\$2,155.17	\$64,655.17	\$75,000.00
Carr. Nivel.-Señalamiento horizontal (pintura de tráfico)	ml	8976	\$6.03	\$54,165.52	\$62,832.00
				<b>Subtotal disponible</b>	<b>\$92,079,310.34</b>
				IVA	\$14,732,689.66
				<b>Total Disponible</b>	<b>\$106,812,000.00</b>
				Cuota al millas	\$108,000.00
				<b>Gastos de administración</b>	<b>\$1,080,000.00</b>
				<b>Total Solicitado</b>	<b>\$108,000,000.00</b>

### f) Fuentes de financiamiento

Los recursos para este proyecto provienen del Presupuesto de Egresos del Gobierno Federal.

Fuente de los recursos	Procedencia	Monto	Porcentaje
<b>1. Federales</b>	Proyectos de Desarrollo Regional (PDR)	<b>\$ 108,000,000.00</b>	100%
<b>2. Estatales</b>			
<b>3. Municipales</b>			
<b>4. Fideicomisos</b>			
<b>5. Otros</b>			
<b>Total</b>		<b>\$ 108,000,000.00</b>	<b>100%</b>

### g) Capacidad instalada

De acuerdo a los datos de aforo para el periodo 2008-2017 el TPDA presentó una Tasa de Crecimiento Media Anual (TCMA) de 6.69% y 7.16%, en promedio un crecimiento de 6.92%; no obstante, con el fin de llevar a cabo un análisis conservador se considerará una TCMA de 3.5% anual. Se llevó a cabo un análisis de capacidad, donde se observa que el nivel de servicio es bueno para el largo y corto itinerario.

Año	Carretera a Nivel		Total TDPA	Paso Deprimido	
	Total TDPA	Nivel de servicio		Total TDPA	Nivel de servicio
0	7,883	A	64,895	C	
1	8,159	A	67,166	C	
2	8,444	A	69,517	C	
3	8,740	A	71,950	C	
4	9,046	A	74,469	D	
5	9,363	A	77,075	D	
6	9,690	A	79,773	D	
7	10,029	A	82,565	D	
8	10,380	A	85,454	D	
9	10,744	A	88,445	D	
10	11,120	A	91,541	E	
11	11,509	A	94,745	E	
12	11,912	A	98,061	E	
13	12,329	A	101,493	E	
14	12,760	A	105,045	E	
15	13,207	A	108,722	E	
16	13,669	A	112,527	E	
17	14,147	A	116,465	E	
18	14,643	A	120,542	E	
19	15,155	A	124,761	E	
20	15,686	A	129,127	E	
21	16,234	A	133,647	E	
22	16,803	A	138,324	E	
23	17,391	A	143,166	E	
24	17,999	A	148,177	E	
25	18,629	A	153,363	E	
26	19,281	A	158,730	F	
27	19,956	A	164,286	F	
28	20,655	B	170,036	F	
29	21,378	B	175,987	F	
30	22,126	B	182,147	F	

## h) Metas anuales y totales de producción

Las metas físicas esperadas con la ejecución del paso deprimido y carretera a nivel son las siguientes:

### *Metas anuales*

Componente	Unidad de Medida	Cantidad
Construcción de Paso Deprimido a base de concreto asfáltico de 10 cm de espesor	m2	25662
Deprimido.-Camellón (losa de concreto)	m2	4277
Deprimido.-Señalamiento vertical	pza	10
Deprimido.-Señalamiento horizontal (pintura de tráfico)	ml	9776
Deprimido.-Parapetos en accesos de acero	ml	200
Deprimido.-Luminarios Led tipo reflector (incluye cableado)	pza	162
Modernización Carretera a nivel a base de concreto asfáltico de 10 cm de espesor	m2	23218
Carr. Nivel.-Guarniciones de concreto para camellón	ml	2244
Carr. Nivel.-Señalamiento Vertical	pza	30
Carr. Nivel.-Señalamiento horizontal (pintura de tráfico)	ml	8976

## i) Vida útil

Vida útil del PPI	
Vida útil del proyecto o periodo de operación	30 años

## j) Descripción de los aspectos más relevantes

### *Estudios técnicos*

Se cuenta con el proyecto ejecutivo terminado.

### *Estudios legales*

Se cuenta con el derecho de vía liberado.

La instancia encargada de la ejecución, administración y mantenimiento de la obra será la Secretaría de Obras Públicas, Desarrollo Urbano y Vivienda del Estado de Tlaxcala (SECODUVI).

Se manifiesta que los precios del proyecto se ajustan a los Costos Paramétricos emitidos por la SHCP y cualquier variación se justificará ante los entes fiscalizadores.

Cabe aclarar que el tramo en el cual se pretende ejecutar el proyecto no se encuentra de la concesión que actualmente tiene la empresa PINFRA, pues la concesión termina en el cadenamamiento 25+500 y el inicio del proyecto que corresponde a la construcción del paso

deprimido sobre la carretera San Martín Texmelucan - Tlaxcala - El Molinito inicia en el cadenamiento 29+518. Esto se puede corroborar tomando en cuenta el punto del aforo realizado por la SCT donde se logra apreciar que dicho punto se encuentra cerca del inicio del tramo del proyecto, y este representa el kilómetro 31.65 (cadenamiento 31+650).

### ***Estudios ambientales***

Se cuenta con la manifestación del impacto ambiental liberado.

### ***Estudios de Mercado***

Se realizó los aforos en los tramos relevantes para la determinación de la Demanda del proyecto.

## **k) Análisis de la Oferta**

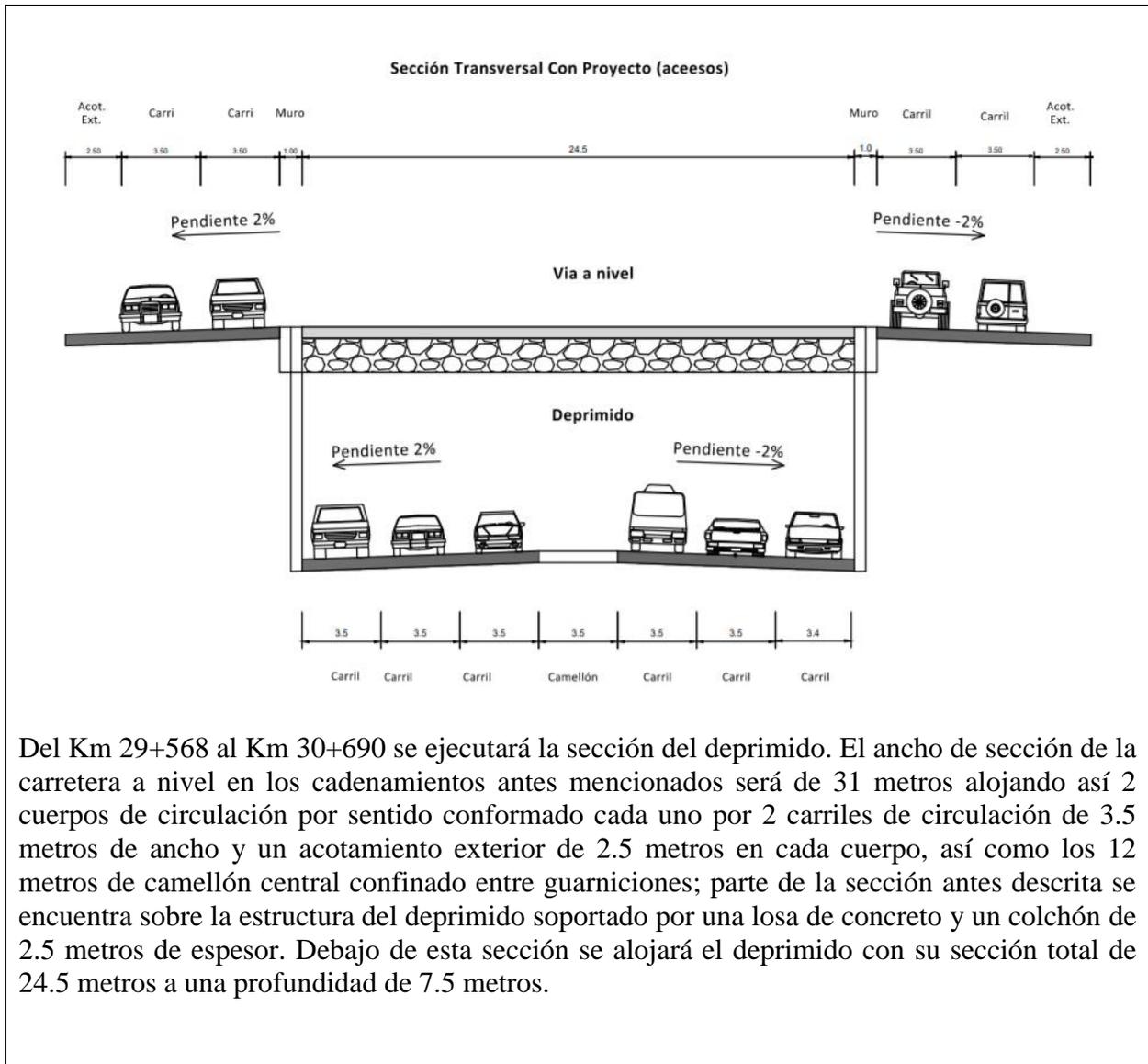
El proyecto consiste en la construcción del Complejo Vial Metroplitano de Tlaxcala (Paso Deprimido) sobre la carretera San Martín Texmelucan - Tlaxcala - El Molinito en el tramo del Km 29+518 al Km 30+740 en las localidades de "Belén Atzimititlán" y "San Matías Tepetomatitlán" en el municipio de "Apetatitlán de Antonio Carvajal" en el estado de Tlaxcala.

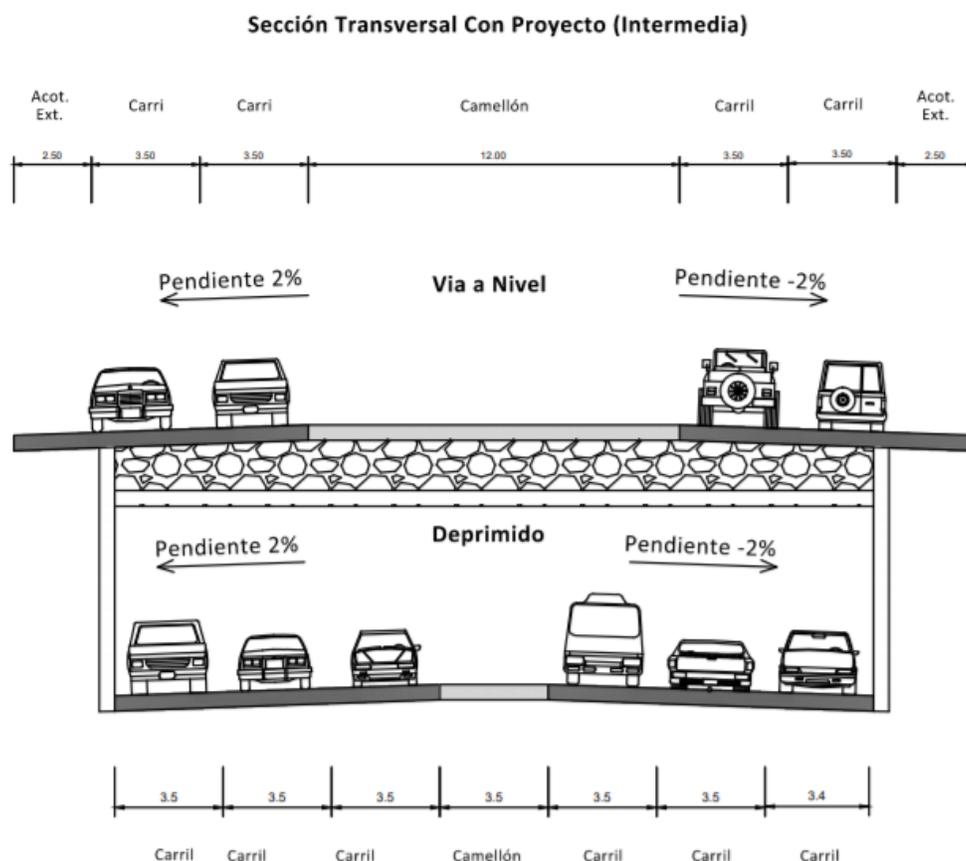
El paso deprimido se ejecutará a lo largo de 1.222 Km y se compondrá de 50 metros lineales de accesos al inicio y término (rampas de descenso) del mismo y 1,122 metros lineales en túnel, el cual tendrá una sección que abarcará 2 cuerpos de circulación, uno por sentido, conformado cada uno por 3 carriles de circulación de 3.5 metros de ancho y un camellón central de 3.5 metros para la separación de los cuerpos. Por lo anterior, se contará con un ancho total de sección del deprimido de 24.5 metros.

Por la construcción del paso deprimido, se reconstruirá la carretera a nivel debido a que la construcción del acceso se construirá en la carretera actual, por lo que se deberá modernizar todo el tramo del proyecto. Cabe mencionar que aunque el ancho del deprimido es menor que el ancho de sección de la carretera actual, se considera la modernización de la carretera a nivel en su ancho de sección total debido a la modificación del alineamiento vertical (niveles de rasante).

Por lo anterior se tendrán 2 secciones distintas.

Del tramo del Km 29+518 al Km 29+568 y del Km 30+690 al Km 30+740 se ejecutarán los accesos y descensos del deprimido. El ancho de sección de la carretera a nivel en los cadenamientos antes mencionados será de 45.5 metros alojando así 2 cuerpos de circulación por sentido conformado cada uno por 2 carriles de circulación de 3.5 metros de ancho y un acotamiento exterior de 2.5 metros en cada cuerpo; lo anterior considera únicamente la sección de la carretera a nivel; sin embargo se le agregará la sección del acceso del deprimido, contando con un ancho de sección de 26.5 metros, considerando el ancho de los muros y la sección del deprimido.





Tramo	San Martín Texmelucan - Tlaxcala - El Molinito (carretera a nivel)	San Martín Texmelucan - Tlaxcala - El Molinito (Paso Deprimido)
<b>Concepto</b>		
Longitud (km)	1.222	1.222
Número de carriles de circulación	4	6
Ancho de carriles (m)	3.5	3.5
Ancho de calzada (m)	14	21
Ancho de corona (m)	19	21
Ancho total de sección (m)	Variable	24.5
Acotamiento exterior	Si	No
Total de Ancho de acotamientos exteriores (m)	5	0
Camellón central	Si	Si
Ancho de camellón (m)	variable	3.5
Acotamiento interior	No	No
Total de Ancho de acotamientos interiores (m)	0	0
Tipo de terreno	Plano	Plano
Velocidad de operación (km/hr)	79.95	56.24
Tiempo de Recorrido (min)	0.92	1.30
Estado físico	Bueno	Bueno
IRI m/km en carriles	3	3

Fuente: Elaboración propia. Se utilizó el dato de la velocidad y el tiempo del tipo de vehículo "A" en el periodo de "sin congestión".

## I) Análisis de la Demanda

Para la estimación de la demanda se realizaron aforos viales en 4 puntos clave de manera que se obtuvieran los vehículos de corto y largo itinerario. Se utilizó el método de las placas flotantes para identificar el recorrido de los vehículos.

El aforo se realizó durante un periodo de 1 mes en un horario de 5 am a 10 pm obteniendo datos con periodos de congestión y sin congestión para cada Origen – Destino relevante para el proyecto, considerando todas las salidas y entradas a las localidades de "Belén Atzimititlán" y "San Matías Tepetomatitlán".

Dadas las necesidades del proyecto donde se requiere identificar el tránsito de largo y corto itinerario, se optó por realizar el aforo por cuenta propia sin considerar los datos viales de la SCT 2018.

La demanda del proyecto es:

	Largo Itinerario	Corto Itinerario	Total
<b>Sin congestión</b>	45,465	5,513	<b>50,978</b>
<b>Con congestión</b>	19,430	2,370	<b>21,800</b>
<b>Total</b>	<b>64,895</b>	<b>7,883</b>	<b>72,778</b>

Tomando en cuenta la TCMA obtenida, se proyecta el TDPA a lo largo del horizonte de evaluación en los periodos de sin congestión y con congestión.

Año	Corto itinerario Sin Congestión Tránsito (Veh/Día)				Corto itinerario Con Congestión Tránsito (Veh/Día)				Total TDPA
	A	B	C	Total	A	B	C	Total	
0	4929	61	524	5,513	2119	26	225	2,370	7,883
1	5101	63	542	5,706	2193	27	233	2,453	8,159
2	5280	65	561	5,906	2270	28	241	2,539	8,444
3	5464	67	581	6,112	2349	29	250	2,628	8,740
4	5656	70	601	6,326	2431	30	258	2,720	9,046
5	5854	72	622	6,548	2516	31	267	2,815	9,363
6	6059	75	644	6,777	2605	32	277	2,913	9,690
7	6271	77	666	7,014	2696	33	286	3,015	10,029
8	6490	80	690	7,260	2790	34	296	3,121	10,380
9	6717	83	714	7,514	2888	36	307	3,230	10,744
10	6952	86	739	7,777	2989	37	318	3,343	11,120
11	7196	89	765	8,049	3093	38	329	3,460	11,509
12	7447	92	791	8,331	3202	39	340	3,581	11,912
13	7708	95	819	8,622	3314	41	352	3,707	12,329
14	7978	98	848	8,924	3430	42	364	3,836	12,760
15	8257	102	877	9,236	3550	44	377	3,971	13,207
16	8546	105	908	9,559	3674	45	390	4,110	13,669
17	8845	109	940	9,894	3803	47	404	4,253	14,147
18	9155	113	973	10,240	3936	48	418	4,402	14,643
19	9475	117	1007	10,599	4073	50	433	4,556	15,155
20	9807	121	1042	10,970	4216	52	448	4,716	15,686
21	10150	125	1079	11,354	4363	54	464	4,881	16,234
22	10505	129	1116	11,751	4516	56	480	5,052	16,803
23	10873	134	1155	12,162	4674	58	497	5,228	17,391
24	11254	138	1196	12,588	4838	60	514	5,411	17,999

## Análisis Costo-Beneficio Simplificado

25	11648	143	1238	<b>13,029</b>	5007	62	532	<b>5,601</b>	<b>18,629</b>
26	12055	148	1281	<b>13,485</b>	5182	64	551	<b>5,797</b>	<b>19,281</b>
27	12477	154	1326	<b>13,957</b>	5364	66	570	<b>6,000</b>	<b>19,956</b>
28	12914	159	1372	<b>14,445</b>	5552	68	590	<b>6,210</b>	<b>20,655</b>
29	13366	164	1420	<b>14,951</b>	5746	71	611	<b>6,427</b>	<b>21,378</b>
30	13834	170	1470	<b>15,474</b>	5947	73	632	<b>6,652</b>	<b>22,126</b>

Largo itinerario Sin Congestión Tránsito (Veh/Día)					Largo itinerario Con Congestión Tránsito (Veh/Día)				Total TDPA
Año	A	B	C	Total	A	B	C	Total	
0	40646	500	4319	<b>45,465</b>	17370	214	1846	<b>19,430</b>	<b>64,895</b>
1	42068	518	4470	<b>47,056</b>	17978	221	1910	<b>20,110</b>	<b>67,166</b>
2	43541	536	4627	<b>48,703</b>	18608	229	1977	<b>20,814</b>	<b>69,517</b>
3	45065	554	4789	<b>50,408</b>	19259	237	2047	<b>21,542</b>	<b>71,950</b>
4	46642	574	4956	<b>52,172</b>	19933	245	2118	<b>22,296</b>	<b>74,469</b>
5	48274	594	5130	<b>53,998</b>	20631	254	2192	<b>23,077</b>	<b>77,075</b>
6	49964	615	5309	<b>55,888</b>	21353	263	2269	<b>23,884</b>	<b>79,773</b>
7	51713	636	5495	<b>57,844</b>	22100	272	2348	<b>24,720</b>	<b>82,565</b>
8	53523	659	5688	<b>59,869</b>	22874	281	2431	<b>25,586</b>	<b>85,454</b>
9	55396	682	5887	<b>61,964</b>	23674	291	2516	<b>26,481</b>	<b>88,445</b>
10	57335	705	6093	<b>64,133</b>	24503	301	2604	<b>27,408</b>	<b>91,541</b>
11	59342	730	6306	<b>66,378</b>	25360	312	2695	<b>28,367</b>	<b>94,745</b>
12	61418	756	6527	<b>68,701</b>	26248	323	2789	<b>29,360</b>	<b>98,061</b>
13	63568	782	6755	<b>71,105</b>	27167	334	2887	<b>30,388</b>	<b>101,493</b>
14	65793	810	6991	<b>73,594</b>	28117	346	2988	<b>31,451</b>	<b>105,045</b>
15	68096	838	7236	<b>76,170</b>	29102	358	3092	<b>32,552</b>	<b>108,722</b>
16	70479	867	7489	<b>78,836</b>	30120	371	3201	<b>33,691</b>	<b>112,527</b>
17	72946	898	7752	<b>81,595</b>	31174	384	3313	<b>34,871</b>	<b>116,465</b>
18	75499	929	8023	<b>84,451</b>	32265	397	3429	<b>36,091</b>	<b>120,542</b>
19	78141	961	8304	<b>87,407</b>	33395	411	3549	<b>37,354</b>	<b>124,761</b>
20	80876	995	8594	<b>90,466</b>	34563	425	3673	<b>38,662</b>	<b>129,127</b>
21	83707	1030	8895	<b>93,632</b>	35773	440	3801	<b>40,015</b>	<b>133,647</b>
22	86637	1066	9206	<b>96,909</b>	37025	456	3934	<b>41,415</b>	<b>138,324</b>
23	89669	1103	9529	<b>100,301</b>	38321	472	4072	<b>42,865</b>	<b>143,166</b>
24	92808	1142	9862	<b>103,812</b>	39662	488	4215	<b>44,365</b>	<b>148,177</b>
25	96056	1182	10207	<b>107,445</b>	41051	505	4362	<b>45,918</b>	<b>153,363</b>
26	99418	1223	10565	<b>111,206</b>	42487	523	4515	<b>47,525</b>	<b>158,730</b>
27	102897	1266	10934	<b>115,098</b>	43974	541	4673	<b>49,188</b>	<b>164,286</b>
28	106499	1310	11317	<b>119,126</b>	45513	560	4836	<b>50,910</b>	<b>170,036</b>
29	110226	1356	11713	<b>123,296</b>	47106	580	5006	<b>52,692</b>	<b>175,987</b>
30	114084	1404	12123	<b>127,611</b>	48755	600	5181	<b>54,536</b>	<b>182,147</b>

## m) Interacción Oferta-Demanda

Una vez puesta en marcha el proyecto se tendrá una reducción de la problemática en términos de velocidades de circulación, tiempos de recorrido, costos de operación vehicular y por consiguiente, reducción en los tiempos generalizados de viaje; así como un incremento en la capacidad y la mejora en el nivel de **servicio A** para la carretera a nivel, que atenderá a los de corto itinerario y un nivel de **servicio C** para el deprimido que confinará el tránsito de largo itinerario.

Condiciones de los vehículos de corto itinerario que circulan sobre la carretera a nivel.

Corto itinerario (Sin congestión)			
Tipo de vehículo	A	B	C
Velocidad de circulación (Km/hr)	79.95	74.20	60.85
Tiempo de recorrido (min)	0.92	0.99	1.20

Corto itinerario (Con congestión)			
Tipo de vehículo	A	B	C
Velocidad de circulación (Km/hr)	55.97	51.94	42.60
Tiempo de recorrido (min)	1.31	1.41	1.72

Condiciones de los vehículos de largo itinerario que circulan sobre el paso deprimido.

Largo itinerario (Sin congestión)			
Tipo de vehículo	A	B	C
Velocidad de circulación (Km/hr)	56.24	52.81	46.71
Tiempo de recorrido (min)	1.30	1.39	1.57

Largo itinerario (Con congestión)			
Tipo de vehículo	A	B	C
Velocidad de circulación (Km/hr)	39.37	36.97	32.70
Tiempo de recorrido (min)	1.86	1.98	2.24

Se presenta los CGV a lo largo del horizonte de evaluación para el Largo y Corto itinerario.

Corto Itinerario Costos Totales (Miles de Pesos por Año)				Largo Itinerario Costos Totales (Miles de Pesos por Año)			
Año	COV	VST	CGV	Año	COV	Tiempo	TOTAL
0	22,642.05	17,722.22	40,364.28	0	182,501.80	145,825.47	328,327.27
1	17,439.03	7,193.45	24,632.48	1	149,270.40	82,245.12	231,515.52
2	18,050.89	7,451.50	25,502.39	2	154,788.39	85,961.04	240,749.43
3	18,684.27	7,719.06	26,403.33	3	160,540.79	89,898.60	250,439.39
4	19,339.94	7,996.49	27,336.43	4	166,542.74	94,077.50	260,620.25
5	20,018.68	8,284.18	28,302.86	5	172,811.26	98,520.05	271,331.31
6	20,721.31	8,582.53	29,303.84	6	179,365.58	103,251.59	282,617.17
7	21,448.68	8,891.96	30,340.64	7	186,227.67	108,301.07	294,528.75
8	22,201.66	9,212.91	31,414.56	8	193,422.72	113,701.77	307,124.49
9	22,981.16	9,545.82	32,526.98	9	200,979.87	119,492.10	320,471.97
10	23,788.12	9,891.19	33,679.31	10	208,933.08	125,716.75	334,649.83
11	24,623.52	10,249.51	34,873.03	11	217,322.24	132,427.99	349,750.23
12	25,488.36	10,621.30	36,109.66	12	226,194.52	139,687.48	365,882.00
13	26,383.70	11,007.10	37,390.80	13	235,606.22	147,568.42	383,174.63
14	27,310.61	11,407.49	38,718.10	14	245,624.92	156,158.56	401,783.48
15	28,270.22	11,823.06	40,093.28	15	256,332.51	165,564.00	421,896.51
16	29,263.70	12,254.44	41,518.14	16	267,828.88	175,914.41	443,743.29
17	30,292.24	12,702.29	42,994.53	17	280,236.86	187,369.97	467,606.83
18	31,357.10	13,167.29	44,524.39	18	293,708.63	200,131.11	493,839.73
19	32,459.58	13,650.17	46,109.75	19	308,434.17	214,452.13	522,886.30
20	33,601.01	14,151.67	47,752.68	20	324,652.55	230,660.78	555,313.33
21	34,782.80	14,672.60	49,455.40	21	342,666.91	249,187.02	591,853.93
22	36,006.38	15,213.79	51,220.16	22	362,864.72	270,606.57	633,471.29
23	37,273.24	15,776.11	53,049.36	23	385,745.31	295,708.69	681,454.00
24	38,584.95	16,360.50	54,945.45	24	411,431.28	324,914.44	736,345.73
25	39,943.11	16,967.92	56,911.03	25	440,182.60	358,414.55	798,597.15
26	41,349.39	17,599.40	58,948.79	26	469,215.03	391,148.90	860,363.93
27	42,805.51	18,256.02	61,061.53	27	503,341.71	431,983.67	935,325.38
28	44,313.29	18,938.92	63,252.20	28	543,156.75	483,374.97	1,026,531.72
29	45,874.56	19,649.30	65,523.87	29	569,061.21	512,398.91	1,081,460.12
30	47,491.28	20,388.45	67,879.73	30	588,978.35	530,332.87	1,119,311.23

## V. Evaluación del PPI

### a) Identificación, cuantificación y valoración de costos del PPI

La metodología para calcular los costos de construcción y conservación depende del nivel al que se encuentra el proyecto; es decir, si se tiene a nivel perfil, se utilizan los costos índice por tipo de obra por tipo de terreno, los cuales se multiplican por la longitud, de acuerdo al proyecto ejecutivo; los costos se calculan mediante la multiplicación de los costos unitarios de cada componente por el volumen de obra a realizar.

#### Etapa de ejecución

La inversión total estimada es de \$ **108,000,000.00** pesos, incluyendo el impuesto al valor agregado (IVA) y las retenciones del 1 al millar y el 1% de gastos de administración; por tal motivo, el monto total de inversión para la evaluación del proyecto será de **\$92,079,310.34** sin tomar en cuenta las retenciones y sin IVA. El costo de la obra comprende la construcción del paso deprimido con una longitud de 1.222 Km y la modernización de la carretera a nivel en la misma longitud.

#### Costo de los Componentes del proyecto

Componente	Unidad de Medida	Cantidad	Total (Importe con IVA)
Preliminares sección total	m2	39332	\$2,556,580.00
Deprimido.-Terracerías (Cajón Para Deprimido 7.4 prom de prof)	m2	29939	\$5,538,715.00
Deprimido.-Pavimento de concreto asfáltico	m2	25662	\$11,547,900.00
Deprimido.-Camellón (losa de concreto)	m2	4277	\$1,112,020.00
Deprimido.-Señalamiento vertical	pza	10	\$25,000.00
Deprimido.-Señalamiento horizontal (pintura de tráfico)	ml	9776	\$68,432.00
Deprimido.-Muros de contención (pilas de 80 cm @ 2.4)	pzas	1018	\$36,621,958.50
Deprimido.-Muro de Contención (Muro de concreto Armado) de 7.4	m2	18085.6	\$11,755,640.00
Deprimido.-Losa de Concreto Armado	m2	27489	\$23,777,985.00
Deprimido.-Terracerías (Colchón de Deprimido (1.5 m) sobre losa)	m2	27489	\$1,030,837.50
Deprimido.-Parapetos en accesos de acero	ml	200	\$334,000.00
Deprimido.-Luminarios Led tipo reflector (incluye cableado)	pza	162	\$1,296,000.00
Carr. Nivel.-Pavimento de concreto asfáltico	m2	23218	\$10,448,100.00
Carr. Nivel.-Guarniciones de concreto para camellón	ml	2244	\$561,000.00
Carr. Nivel.-Señalamiento Vertical	pza	30	\$75,000.00
Carr. Nivel.-Señalamiento horizontal (pintura de tráfico)	ml	8976	\$62,832.00
		<b>Subtotal disponible</b>	<b>\$92,079,310.34</b>
		<b>IVA</b>	<b>\$14,732,689.66</b>
		<b>Total Disponible</b>	<b>\$106,812,000.00</b>
		<b>Cuota al millar</b>	<b>\$108,000.00</b>
		<b>Gastos de administración</b>	<b>\$1,080,000.00</b>
		<b>Total Solicitado</b>	<b>\$108,000,000.00</b>

El calendario de inversiones a erogar durante la etapa de ejecución considera los recursos necesarios para concluir la obra en un periodo de 1 año.

Para llevar a cabo la evaluación socioeconómica del proyecto se toma en cuenta los beneficios obtenidos por concepto de ahorros en costos de operación vehicular, y en los tiempos de recorrido; y así como los costos del proyecto, los correspondientes a inversión y mantenimiento.

- El horizonte de evaluación es de **31** años y se considera un periodo de operación de **30** años.
- Se considera factible la construcción del **Complejo Vial Metropolitano Tlaxcala, en el Estado de Tlaxcala (paso deprimido)**, en **1** año.
- La Tasa social de descuento es del **10%** utilizada por la Unidad de Inversiones de la SHCP.
- Se consideran precios constantes de **2018** a lo largo del horizonte de evaluación, debido a que se está realizando un análisis en términos reales.

### a) Costos por tiempo de viaje

Para la estimación de los beneficios por este concepto se requiere como primer insumo fundamental las velocidades a las que transitan los vehículos usuarios de la red de análisis y con ellas determinar los tiempos de recorrido en las situaciones con y sin proyecto.

Con base en información obtenida por la SCT en encuestas origen-destino, se considera que en promedio un 65.22% de los pasajeros que viajan con motivo de trabajo y un 34.78% con motivo de placer, tanto para automóvil como para autobús.

De acuerdo con estudios del Banco Mundial<sup>2</sup>, para el caso de caminos no pavimentados con un Perfil general con frecuentes depresiones y / o baches (por ejemplo, en 40-80 mm./1.5m) y ocasionales depresiones muy profundas (por ejemplo, > 80 mm./0.6-2m), la velocidad adecuada para una conducción cómoda es de 20-30 Km./h. Las Velocidades mayores (40-50 Km./h.) causan una incomodidad extrema, y posibles daños al vehículo.

Las velocidades iniciales para ambos casos, sin y con proyecto, las velocidades para años futuros se van reduciendo a partir de su valor inicial, de acuerdo con el ritmo de crecimiento del tránsito.

El segundo insumo importante es precisamente el valor económico del tiempo de los usuarios. La configuración del valor del tiempo de los usuarios que se empleó se muestra en la tabla denominada Configuración Valor del Tiempo. Estos valores se obtuvieron de los Boletines emitidos por el Instituto Mexicano del Transporte (IMT). Para el año 2018 se tomaron los datos del Boletín Notas 170, Artículo 1, Enero-Febrero de 2018, en donde se señala un valor del tiempo por motivo de trabajo de \$ 52.01 y por motivo de placer de \$ 31.20 pesos por hora. La configuración del valor del tiempo de los usuarios que se empleó se muestra en la tabla siguiente.

<sup>2</sup> Unpaved Roads Roughness Estimation by Subjective Evaluation, Infrastructure Notes, October 1999, Rodrigo S. Archondo Callao, The World Bank.

CONFIGURACION VALOR DEL TIEMPO		
Valor del tiempo viaje de trabajo	52.01	\$/hr
Valor del tiempo viaje de placer	31.20	\$/hr
% de viajeros por motivo de trabajo	65.2%	
Número de pasajeros auto	2.32	pas/veh
Número de pasajeros autobús	20.49	pas/veh
Valor tiempo de la carga	15.00	\$/hr/ton
Toneladas promedio	19.37	ton/veh
Tasa de Descuento	10%	

### b) Costos por mantenimiento y conservación

Durante la etapa de operación, se consideran los costos de mantenimiento y conservación, y que corresponden a lo siguiente: mantenimiento normal, que incluye básicamente la limpieza general y reparación de pequeños desperfectos de la superficie de rodamiento del tramo por año desde el inicio de operaciones; conservación rutinaria, que incluye bacheo general la cual está programada cada cuatro años; Sobrecarpeta, que consiste en el cambio de la carpeta cada ocho años; y una reconstrucción, que consiste en reparar y reponer toda la estructura del pavimento cada dieciséis años. La tabla siguiente presenta los costos de mantenimiento y conservación considerados para las situaciones sin y con proyecto, de acuerdo a las frecuencias indicadas. Así mismo, se considera un factor de 1.2 sobre los costos para el mantenimiento de la estructura del paso deprimido

#### Mantenimiento y Conservación\*

Concepto	Costos por kilómetro por carril (miles de pesos)	Periodicidad
Rutinaria	31.00	anual
periódica	150.00	c/4 años
Sobrecarpeta	825.00	c/8 años
Reconstrucción	2,250.00	c/16 años

*\*Ver detalle global en la hoja "Conservación" del libro de la Matriz de Excel anexa.*

Se estimaron los costos de conservación para la evaluación a partir de la comparación de los mantenimientos de la situación sin proyecto para una vialidad a nivel con 6 carriles de circulación contra los costos de mantenimiento de la situación con proyecto para un paso deprimido de 6 carriles y la modernización de la carretera a nivel con 4 carriles de circulación.

Año	Conservación (sin proyecto)	Conservación (con proyecto)	Costos por Conservación
0	-	-	-
1	227	424	(197)
2	227	424	(197)
3	227	424	(197)
4	1,100	2,053	(953)
5	227	424	(197)
6	227	424	(197)
7	227	424	(197)
8	6,049	11,291	(5,242)
9	227	424	(197)
10	227	424	(197)
11	227	424	(197)
12	1,100	2,053	(953)
13	227	424	(197)
14	227	424	(197)
15	227	424	(197)
16	16,497	30,794	(14,297)
17	227	424	(197)
18	227	424	(197)
19	227	424	(197)
20	1,100	2,053	(953)
21	227	424	(197)
22	227	424	(197)
23	227	424	(197)
24	6,049	11,291	(5,242)
25	227	424	(197)
26	227	424	(197)
27	227	424	(197)
28	1,100	2,053	(953)
29	227	424	(197)
30	227	424	(197)

\*Los datos obtenidos son en miles de pesos.

### c) Costos de operación vehicular

Los costos de operación vehicular unitarios se obtuvieron empleando el submodelo denominado Vehicle Operating Cost (VOC) que es parte del modelo Highway Development and Management (HDM4) desarrollado por el Banco Mundial se calcularon los costos de operación vehicular, para un IRI de 4 en superficie pavimentada para el caso sin proyecto, y un IRI de 3.0 para superficie pavimentada en la situación con proyecto.

Los costos de operación vehicular reflejan los costos correspondientes al desgaste del vehículo, combustible, lubricantes, refacciones y mano de obra del mantenimiento, se incluyen únicamente los costos por tiempo del operador del autobús y del camión.

### d) Costos por molestias

Estos costos se ven reflejados en la disminución de la velocidad promedio de circulación en los vehículos que transitan por la zona donde se están realizando las obras, para los usuarios esto se

traduce en mayores COV y TR.

Durante la construcción del proyecto se estima que habrá una afectación en la velocidad de operación, la cual es equivalente a **63.29** millones de pesos.

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

Determinación de Beneficios.

### a) Por ahorro en tiempo de viaje

Los beneficios anuales por ahorro en tiempo de viaje se obtienen con la diferencia de los costos por tiempo de viaje para cada situación, sin y con proyecto. El costo por tiempo de viaje toma en cuenta el volumen de vehículos diario (TDPA) para autos, autobuses y camiones, el número de pasajeros promedio por tipo de vehículo y el valor del tiempo de los usuarios, elevado al año (365 días) para cada situación (con y sin proyecto). Se calculan los beneficios por ahorro en tiempo de viaje año por año para los 31 años del horizonte del proyecto.

#### Beneficios por ahorro en tiempo de viaje.

Año	VST sin proyecto	VST con Proyecto	VST ahorros
0	0	0	0
1	127,098	89,439	37,659
2	133,158	93,413	39,745
3	139,618	97,618	42,000
4	146,519	102,074	44,445
5	153,909	106,804	47,104
6	161,840	111,834	50,006
7	170,378	117,193	53,185
8	179,595	122,915	56,680
9	189,580	129,038	60,542
10	200,438	135,608	64,830
11	212,293	142,678	69,616
12	225,299	150,309	74,990
13	239,642	158,576	81,067
14	255,268	167,566	87,702
15	272,229	177,387	94,842
16	291,044	188,169	102,876
17	310,108	200,072	110,036
18	330,277	213,298	116,979
19	353,198	228,102	125,096
20	379,610	244,812	134,798
21	410,566	263,860	146,707
22	444,606	285,820	158,785
23	467,471	311,485	155,987
24	483,833	341,275	142,558
25	500,767	375,382	125,385
26	518,294	408,748	109,546
27	536,434	450,240	86,194
28	555,209	502,314	52,895
29	574,642	532,048	42,593
30	594,754	550,721	44,033

*\*Los datos obtenidos son en miles de pesos.*

b) Por ahorro en costos de operación vehicular

Los beneficios anuales por este concepto se obtienen con la resta de los costos de operación vehicular anuales totales de la situación sin proyecto menos los correspondientes a la situación con proyecto, año por año para los 31 años del horizonte del proyecto. Los costos de operación vehicular anuales se obtienen por tipo de vehículo.

En la tabla siguiente se muestran los costos de operación vehicular para las situaciones sin y con proyecto a lo largo del horizonte de evaluación.

**Beneficios por ahorro en costos de operación**

Año	COV sin proyecto	COV con Proyecto	COV ahorros
0	0	0	0
1	191,308	166,709	24,599
2	198,987	172,839	26,148
3	207,059	179,225	27,834
4	215,557	185,883	29,675
5	224,518	192,830	31,688
6	233,984	200,087	33,897
7	244,001	207,676	36,325
8	254,627	215,624	39,002
9	265,924	223,961	41,963
10	277,967	232,721	45,245
11	290,843	241,946	48,898
12	304,657	251,683	52,974
13	319,529	261,990	57,539
14	335,386	272,936	62,450
15	352,294	284,603	67,691
16	370,658	297,093	73,565
17	389,534	310,529	79,005
18	409,450	325,066	84,384
19	431,320	340,894	90,426
20	455,513	358,254	97,260
21	482,494	377,450	105,044
22	511,093	398,871	112,222
23	533,112	423,019	110,093
24	551,771	450,016	101,755
25	571,083	480,126	90,957
26	591,071	510,564	80,506
27	611,758	546,147	65,611
28	633,170	587,470	45,700
29	655,331	614,936	40,395
30	678,267	636,470	41,798

*\*Los datos obtenidos son en miles de pesos.*

La evaluación económica se realizó bajo las siguientes premisas:

- En la situación sin proyecto se tomaron en cuenta las características físicas actuales de los tramos carreteros a los que éste pertenece (la geometría de la carretera, tipo de terreno, se obtuvieron costos de operación para un vehículo “tipo” y conservadora del

3.50% anual durante el periodo de análisis.).

- En la situación con proyecto se consideraron las características geométricas indicadas en el proyecto ejecutivo, se emplearon las velocidades de proyecto y se obtuvieron los costos de operación vehicular con las nuevas características de la carretera.

### c) Cálculo de los indicadores de rentabilidad

Indicadores de Rentabilidad	
Indicador	Valor
Valor Presente Neto (VPN) miles de pesos	\$ 891,796.0
Tasa interna de retorno (TIR)	46.1%
Tasa de Rentabilidad Inmediata (TRI)	67.4%

### d) Análisis de sensibilidad

Variable	Variación respecto a su valor original	Impacto sobre la TIR	Impacto sobre el VPN (MDP)	Impacto sobre la TRI
Monto de inversión	103% más	10.00%	0.00	8.6%
Costos de mantenimiento	846% más	10.00%	0.00	15.6%
Demanda	44% menos	10.00%	0.00	9.2%

### e) Análisis de riesgos

Descripción	Impacto
El principal riesgo que presenta este proyecto es el de la disponibilidad de la totalidad de recursos presupuestales para concluir la obra en el tiempo previsto	Incrementar costos y tiempos de ejecución del proyecto
La demanda social de obras adicionales al momento de la construcción	
Retrasos en la entrega por problemas técnicos y fenómenos inflacionarios	
El riesgo principal durante la etapa de ejecución, una vez tenidos todos los permisos correspondientes, tendría que ser un evento extraordinario que impidiera la terminación de la obra.	
El riesgo principal durante la operación sería únicamente un fenómeno de la naturaleza, que causara graves daños a la propia carretera.	

## VI. Conclusiones y Recomendaciones

Realizando la evaluación socioeconómica del proyecto “Modernización de la Carretera San Martin Texmelucan - Tlaxcala - El Molinito, mediante Deprimido Vial, del Km 29+518 al Km 30+740”, se evalúa positivamente conforme a los siguientes resultados:

- El Valor Actual Neto Social que genera el proyecto es de 891,796 miles de pesos, cifra que representa la rentabilidad social positiva del proyecto.
- Tiene una Tasa Interna de Retorno de 46.1% que es mayor a la Tasa Social de Descuento.
- Se observa que el proyecto tiene una Tasa de Rentabilidad Inmediata Social de 67.4% que es mayor a la Tasa de Descuento Social. Esto demuestra que los años propuestos para la instalación y puesta en marcha del proyecto son idóneos en términos de rentabilidad social.

Se recomienda que se lleve a cabo el proyecto de “Modernización de la Carretera San Martin Texmelucan - Tlaxcala - El Molinito, mediante Deprimido Vial, del Km 29+518 al Km 30+740”, ya que se tendrían beneficios sociales a un menor costo y se coadyuvaría en la solución de la problemática existente de la capacidad que actualmente se presenta.

## VII. Bibliografía

LINEAMIENTOS para la elaboración y presentación de los análisis costo y beneficio de los programas y proyectos de inversión, emitidos el 30 de Diciembre de 2013 por la Unidad de Inversiones de la SHCP.

Criterios que Intervienen en la Metodología de Evaluación Económica de Rehabilitación de Caminos Rurales.; IMT Publicación Técnica no. 147, Sanfandila, Qro., 2000.

Unpaved Roads Roughness Estimation by Subjective Evaluation, Infrastructure Notes, October 1999, Rodrigo S. Archondo Callao, The World Bank.

Boletín Notas 170, Artículo 1, Enero-Febrero de 2018. Instituto Mexicano del Transporte (IMT).

Costos de operación Base de los Vehículos Representativos del Transporte Interurbano 2012; José Antonio Arroyo Osorno, Roberto Aguerrebere Salido, Guillermo Torres Vargas; IMT Publicación Técnica 368

Catálogo de localidades: <http://www.microrregiones.gob.mx/catloc/Default.aspx>.

Enciclopedia de los Municipios de México: [http://www.e-local.gob.mx/wb/ELOCAL/ELOC\\_Enciclopedia](http://www.e-local.gob.mx/wb/ELOCAL/ELOC_Enciclopedia)

Estimación del CONAPO con base en INEGI, Censo de Población y Vivienda 2010:

[http://www.conapo.gob.mx/es/CONAPO/Indices\\_de\\_Marginacion\\_2010\\_por\\_entidad\\_federativa\\_y\\_municipio](http://www.conapo.gob.mx/es/CONAPO/Indices_de_Marginacion_2010_por_entidad_federativa_y_municipio)

Acuerdo GPT-001, 002-2014 , CIPET, <http://www.cipet.gob.mx/>

**Responsables de la Información**

**Ramo:** Comunicaciones y Transportes

**Entidad:** Tlaxcala

**Área Responsable:** Secretaría de Planeación y Finanzas del Gobierno del Estado de Tlaxcala

**Datos del Administrador del programa y/o proyecto de inversión:**

Nombre	Cargo*
ROMAN MUÑOZ CALVA	Director de Coordinación Hacendaria y Contabilidad Gubernamental de la Secretaría de Planeación y Finanzas del Gobierno del Estado de Tlaxcala

\*El administrador del programa y/o proyecto de inversión, deberá tener como mínimo el nivel de Director de Área o su equivalente en la dependencia o entidad correspondiente, apegándose a lo establecido en el artículo 43 del Reglamento de la Ley Federal de Presupuesto y Responsabilidad Hacendaria.