

Análisis Costo-Beneficio

LA PERA - CUAUTLA

MORELOS

**Enero
2011**

Tabla de Contenido

1 - Situación sin proyecto y posibles soluciones	5
a. Diagnóstico de la situación actual	5
b. Descripción de la situación actual optimizada	8
c. Análisis de la oferta y demanda de la situación sin proyecto.....	8
Análisis de la oferta.....	8
Análisis de la Demanda.....	9
d. Alternativas de solución	11
2 - Descripción del Proyecto.....	12
a. Objetivo.....	12
b. Propósito.....	12
c. Componentes.....	12
d. Calendario de actividades.....	17
e. Tipo de proyecto o programa	17
f. Localización geográfica	18
g. Vida útil del proyecto y su horizonte de evaluación	18
h. Capacidad instalada.....	18
i. Metas anuales	20
j. Beneficios anuales y totales en el horizonte de evaluación.....	20
k. Aspectos relevantes	20
l. Avances en la integración del expediente técnico.....	20
m. Costo total del proyecto.....	21
m.1. Etapa de ejecución.....	21
m.2. Etapa de operación	21
n. Fuentes de recursos	22
o. Supuestos técnicos y socio-económicos.....	22
p. Infraestructura existente y proyectos en desarrollo afectados.....	22
3 - Situación con proyecto	23
4 - Evaluación del proyecto	24
a. Método de análisis.....	24
b. Evaluación Económica	25
Identificación, cuantificación y valoración de beneficios.	25
Ahorro en tiempo de viaje	25
Ahorro en costos de operación vehicular	26
c. Resultados	28
5 - Análisis de sensibilidad y riesgos.....	29
a. Análisis de sensibilidad.....	29
b. Riesgos	30
6 - Conclusiones	31

Resumen Ejecutivo

La infraestructura de transporte en México presenta deficiencias que obligan a llevar a cabo un gran esfuerzo de inversión pública y privada durante los próximos años, para continuar con la construcción, la modernización y la ampliación de carreteras en todas las regiones del país.

Para orientar este esfuerzo, la Secretaría de Comunicaciones y Transportes ha definido un sistema de corredores carreteros, integrados por carreteras federales y autopistas de cuota de altas especificaciones, con base en el cual se identifican y jerarquizan las inversiones en carreteras, con objeto de priorizar la construcción o modernización de aquellos proyectos que demuestren tener suficiente rentabilidad económica y financiera en el caso de obras de peaje. Simultáneamente, se está actuando sobre las carreteras no troncales con obras que revisten importancia para el desarrollo local y regional. Este programa de carreteras incluye obras de modernización y construcción de accesos urbanos, caminos interurbanos y suburbanos, libramientos y ampliaciones de vías cuya capacidad ha sido rebasada por el tránsito, proyectos carreteros asociados a nuevos desarrollos turísticos y nuevas vías que comuniquen a comunidades apartadas. Se trata de infraestructura carretera que permita satisfacer los requerimientos planteados por el crecimiento económico, en los ámbitos local, regional y nacional.

Antecedentes: La autopista fue puesta en servicio en 1965, y desde entonces ha sido operada y conservada por Caminos y Puentes Federales de Ingresos y Servicios Conexos (CAPUFE), con pocos cambios en sus condiciones originales. En el año 2000 fue concesionada por 20 años al FARAC (hoy FONADIN).

Problemática y necesidades a cubrir: El problema que se presenta son los altos costos generalizados de viaje (costos de operación y costos por tiempo de recorrido) que experimentan los usuarios, debido al tránsito intenso y creciente, y a la poca capacidad de la carretera, la cual cuenta únicamente con 2 carriles de circulación y presenta una fuerte pendiente continua en el tramo del km 1+000 al km 21+000, asimismo, la autopista opera de manera deficiente durante horas y días pico, en especial en su tramo inicial de 2 carriles y en el cruce de sus dos plazas de cobro (Tepoztlán km 7+900 y Oacalco km 21+300), siendo frecuentes los accidentes por rebases y largas colas para el pago de cuotas. En esos periodos de gran demanda, los tiempos de recorrido de los 34.2 km de la autopista pueden llegar a 80 minutos, lo que representa una velocidad promedio de 26 km/hr.

Características del proyecto: El proyecto consiste en la modernización integral de la autopista de cuota La Pera-Cuautla, mediante las siguientes obras:

- Tramo 1 (del km 0+000 al km 9+900), ampliación a 5 carriles de circulación (2 por sentido) con un tercer carril de ascenso adicional, en una sección de 25.5 m de ancho.
- Tramo 2 (del km 9+900 al km 27+200), ampliación a 4 carriles de circulación, con una sección tipo A4 de 22.0 m de ancho.
- Tramo 3 (del km 27+200 al km 34+200), construcción de calles laterales de 2 carriles y ancho de sección de 9.0 m cada una.
- Replanteamiento de las plazas y el sistema de cobro.

- Modernización de 4 entronques a desnivel, así como la ampliación de la incorporación en el entronque “La Pera”.
- Ampliación de la sección de 13 puentes, 10 PIV's, 12 PSV's y 8 PIP's.

Alternativa elegida: Se considera la ampliación de la autopista actual, como la alternativa que ofrece mayores beneficios al usuario respecto al costo de inversión y mantenimiento, debido a que desde la concepción del proyecto se contemplaba la modernización futura, contando con el derecho de vía necesario y con secciones de construcción diseñadas para construir futuras ampliaciones. Con la ampliación de la vía se espera abatir el índice de siniestralidad, agilizar el tránsito de la autopista y mejorar el nivel de servicio.

Costo total: El costo total de la obra se estima en 1,896.6 millones de pesos (mdp) sin incluir el Impuesto al Valor Agregado (IVA) a precios corrientes. El programa de inversión indica que se invertirán 1,276.0 mdp en el año 2011 y 620.6 mdp en el 2012. La fuente de recursos será el Fonadin.

Demanda: De acuerdo a los datos viales editados por la SCT, para el año 2011 se estima que el tránsito diario promedio anual (TDPA) será de 10,598 vehículos diarios para el tramo del km 0+000 al km 9+900, con la siguiente composición vehicular: automóviles 87.4%, autobuses 5.8% y camiones 6.8%, de 11,375 vehículos para el tramo del km 9+900 al km 27+200, con 87.2% autos, 5.4% autobuses y 7.4% camiones, y de 15,956 vehículos diarios para el tramo del km 27+200 al km 34+200, con una composición de: 87.3% autos, 5.1% autobuses y 7.6% camiones de carga.

Indicadores de rentabilidad: Con base en la metodología de evaluación para este tipo de proyectos, se determinó que el proyecto es económicamente rentable al presentar una Tasa Interna de Retorno de 24.5%, un Valor Presente Neto de 3,028.9 millones de pesos y una Tasa de Rentabilidad Inmediata de 16.5%.

Riesgos asociados: El Principal riesgo que presenta este proyecto es la disponibilidad de los recursos para concluir la obra en el tiempo previsto, así como las posibles inconformidades de carácter social por reclamos de derecho de vía histórico u obras de beneficio social como contraprestación del proyecto.

Beneficios y argumentos de la realización del proyecto: La modernización de esta autopista producirá un ahorro de tiempo de viaje entre 25 y 50 minutos en el recorrido de vehículos ligeros, y mejorará el nivel de servicio actual, con la consiguiente reducción en los costos de operación vehicular. Además, se logrará un aumento significativo en la seguridad, al permitir los rebases en todo el recorrido. Finalmente, los sistemas de cobro, los diseños geométricos y los dispositivos de control de tránsito actualizados minimizarán los tiempos de espera en las casetas.

1 -Situación sin proyecto y posibles soluciones

a. Diagnóstico de la situación actual

La autopista fue puesta en servicio en 1965, y desde entonces ha sido operada y conservada por Caminos y Puentes Federales de Ingresos y Servicios Conexos (CAPUFE), con pocos cambios en sus condiciones originales. En el año 2000 fue concesionada por 20 años al FARAC (hoy FONADIN).

El problema que se presenta son los altos costos generalizados de viaje (costos de operación y costos por tiempo de recorrido) que experimentan los usuarios, debido al tránsito intenso y creciente, y a la poca capacidad de la carretera, la cual cuenta únicamente con 2 carriles de circulación y presenta una fuerte pendiente continua en el tramo del km 1+000 al km 21+000, asimismo, la autopista opera de manera deficiente durante horas y días pico, en especial en su tramo inicial de 2 carriles y en el cruce de sus dos plazas de cobro (Tepoztlán km 7+900 y Oacalco km 21+300), siendo frecuentes los accidentes por rebases y largas colas para el pago de cuotas. En esos periodos de gran demanda, los tiempos de recorrido de los 34.2 km de la autopista pueden llegar a 80 minutos, lo que representa una velocidad promedio de 26 km/hr.



Fotografía 1. Circulación lenta del tránsito en ascenso, vista hacia Cuautla.



Fotografía 2. Circulación lenta del tránsito en ascenso, vista hacia Cuautla.



Fotografía 3. Rebase de vehículos en zona de curvas, a pesar de señalamiento horizontal y vertical de no rebasar. Se nota pendiente fuerte y sostenida, vista hacia Cuautla.



Fotografía 4. Rebase de vehículos en zona de ascenso, a pesar de señalamiento horizontal y vertical de no rebasar. Se nota pendiente fuerte y sostenida, vista hacia La Pera.



Fotografía 5. Larga cola de vehículos para pago de peaje en la caseta Tepoztlán

b. Descripción de la situación actual optimizada

En caso de que el proyecto no se lleve a cabo, podría ampliarse la sección de rodamiento actual, aprovechando el reducido ancho del acotamiento. Sin embargo, esta medida sólo serviría para dar un poco más de espacio a la maniobra de rebase de vehículos pesados que circulan a baja velocidad, pero con ello no se mejoraría la capacidad de la autopista, considerando que el TPDA tiene ya un impacto negativo en el nivel de servicio que presta la vía.

Tabla 1 – Situación actual optimizada

Tramo	Acciones por realizar	Velocidad (km/hr)	No. de carriles	Estado físico	Acotamientos
1. Del km 0+000 al 9+900	Ampliar acotamientos	38	2	Regular	No
2. Del km 9+900 al 27+200	Ampliar acotamientos	34	2	Regular	No
3. Del km 27+200 al 34+200	Ninguna	93	4	Regular	Si

Las velocidades de 38 y 34 km/hr no se consideran adecuadas, dado que llevan a niveles de servicio bajos, además, los usuarios que viajan por carreteras interurbanas buscan rapidez y seguridad en su recorrido.

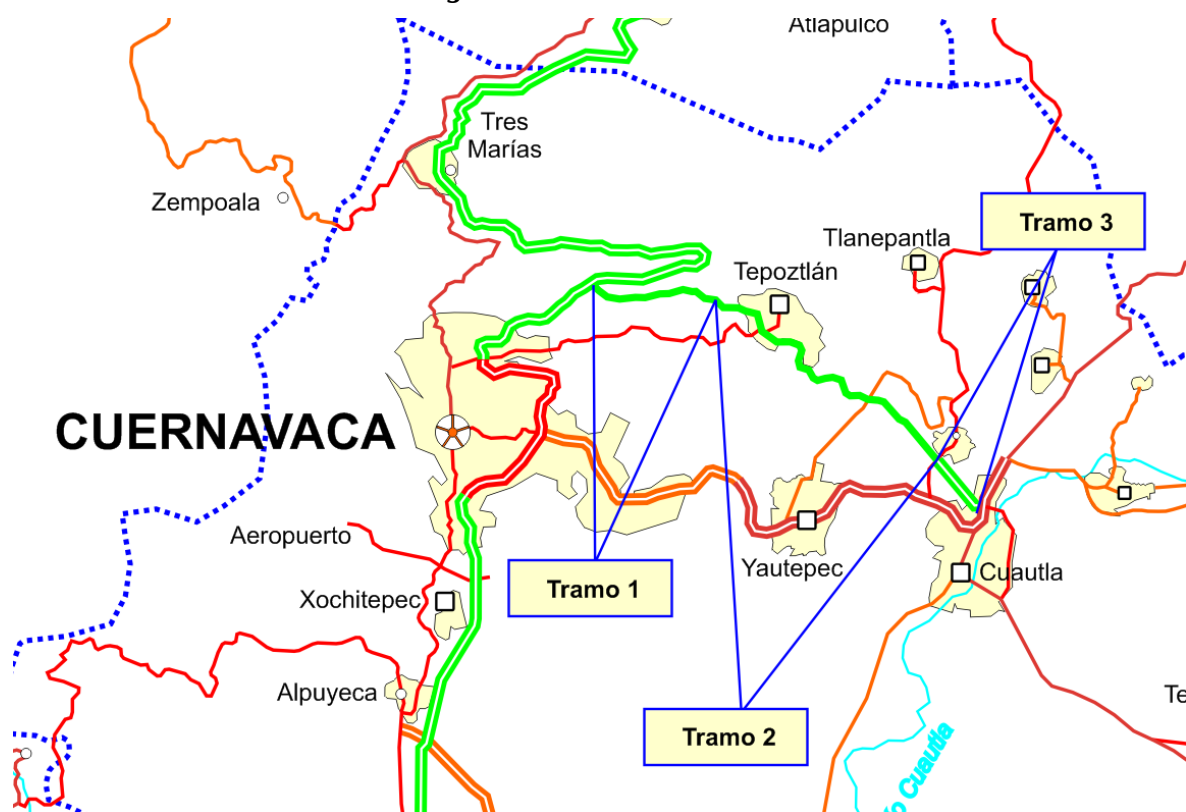
c. Análisis de la oferta y demanda de la situación sin proyecto

Análisis de la oferta

Actualmente, la autopista La Pera-Cuautla tiene 34.2 km de longitud, opera con dos carriles de circulación en el tramo del km 0+000 al km 27+200 y con cuatro carriles del km 27+200 al km 34+200, tal como se muestra en la tabla 2 y la figura 1.

Tabla 2 – Datos de la oferta

Concepto	1. Del km 0+000 al km 9+900	2. Del km 9+900 al km 27+200	3. Del km 27 +200 al km 34+200
Longitud (km)	27.2	27.2	7.0
Tipo de carretera	B	B	A
Número de carriles	2	2	4
Ancho de sección (m)	10.0	10.0	20.0
Tipo de terreno	Lomerío	Lomerío	Plano
Velocidad de operación (km/hr)	34	30	93
Estado físico	Regular	Regular	Regular

Figura 1 – Situación actual

Análisis de la Demanda

De acuerdo a los datos viales editados por la SCT, para el año 2011 se estima que el tránsito diario promedio anual (TDPA) será de 10,598 vehículos diarios para el tramo del km 0+000 al km 9+900, con la siguiente composición vehicular: automóviles 87.4%, autobuses 5.8% y camiones 6.8%, de 11,375 vehículos para el tramo del km 9+900 al km 27+200, con 87.2% autos, 5.4% autobuses y 7.4% camiones, y de 15,956 vehículos diarios para el tramo del km 27+200 al km 34+200, con una composición de: 87.3% autos, 5.1% autobuses y 7.6% camiones de carga (tabla 3).

Tabla 3 – Demanda actual

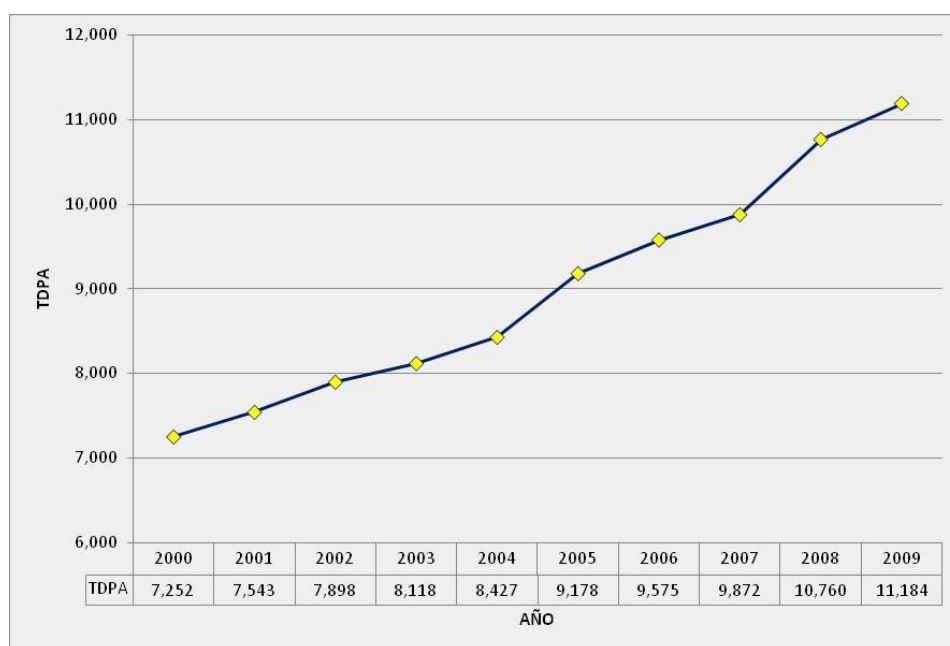
Tramo	TDPA 2010	Autos	Autobuses	Camiones	Nivel de Servicio
1. Del km 0+000 al km 9+900	10,598	9,263	615	720	D
Composición (%)	100.0	87.4	5.8	6.8	
2. Del km 9+900 al km 27+200	11,375	9,919	614	842	D
Composición (%)	100.0	87.2	5.4	7.4	
3. Del km 27+200 al km 34+200	15,956	13,930	814	1,212	A
Composición (%)	100.0	87.3	5.1	7.6	

El análisis de capacidad indica que los tramos 1 y 2 se encuentran en un nivel de servicio D, lo que significa una elevada densidad de tránsito, velocidades y libertad de maniobra seriamente restringidas, un nivel de comodidad y conveniencia bajo para el usuario y

formación de pequeñas colas. El tramo 3 se encuentra en nivel de servicio A, no obstante, la construcción de las laterales obedece a que los carriles centrales estarán sujetos al cobro de una cuota y es necesario proporcionar una alternativa libre de peaje a los flujos producidos por los centros comerciales, de servicios y habitacionales que existen a los lados de la vía.

La TCMA de la demanda vehicular se calculó mediante el promedio de los datos viales históricos de la autopista La Pera-Cuautla (cuota), para los años 2000 a 2009, sin considerar los datos atípicos de los años 2003 y 2008, resultando una tasa del 4.7% anual, sin embargo, para fines de esta evaluación se utilizó una tasa conservadora del 3.5% anual (figura 2).

Figura 2 – Comportamiento histórico del tránsito



De acuerdo con la TCMA obtenida, se calculó el tránsito futuro para el horizonte de evaluación y se realizó un análisis de capacidad con la interacción oferta y demanda, para conocer la problemática que se presentaría en caso de no hacer el proyecto. De este análisis se observa que el nivel de servicio del tramo 1, el cual esta cerca del límite de su capacidad, alcanzaría su nivel más crítico en el año 11 y el tramo 2 en el año 9, en tanto que el tramo 3 estaría alcanzando su capacidad en el año 24 (tabla 4).

Tabla 4 – Interacción oferta-demanda

Año	Tramo 1		Tramo 2		Tramo 3	
	TDPA	NS	TDPA	NS	TDPA	NS
0	10,598	D	11,375	D	15,956	A
1	10,969		11,773		16,514	
2	11,353		12,185		17,092	
3	11,750		12,612		17,691	
4	12,161		13,053		18,310	B

5	12,587		13,510		18,951	
6	13,028		13,983		19,614	
7	13,484		14,472		20,300	
8	13,956		14,979		21,011	
9	14,444		15,503	E	21,746	
10	14,950		16,046		22,508	
11	15,473	E	16,607		23,295	
12	16,014		17,188		24,111	
13	16,575		17,790		24,954	
14	17,155		18,413		25,828	
15	17,755		19,057		26,732	
16	18,377		19,724		27,667	C
17	19,020		20,414		28,636	
18	19,686		21,129		29,638	
19	20,375		21,868		30,675	
20	21,088		22,634		31,749	
21	21,826		23,426		32,860	
22	22,590		24,246		34,010	
23	23,380		25,095		35,201	
24	24,199		25,973		36,433	D
25	25,046		26,882		37,708	
26	25,922		27,823		39,028	
27	26,830		28,797	F	40,394	
28	27,769		29,804		41,807	
29	28,740	F	30,848		43,271	
30	29,746		31,927		44,785	

d. Alternativas de solución

Además de la alternativa elegida, se planteó la posibilidad de agregar un carril adicional de ascenso dentro de la misma sección actual del tramo montañoso, disminuyendo el acotamiento, sin embargo, a pesar de ser más económica, los beneficios obtenidos por el aumento en las velocidades serían marginales y el crecimiento del tránsito obligaría en el corto plazo a buscar la ampliación a 4 carriles de circulación.

2 -Descripción del Proyecto

a. Objetivo

Mejorar el nivel de servicio de la autopista La Pera-Cuautla, mediante la ampliación del número de carriles, la construcción de entronques y la optimización del sistema de cobro, para atender eficientemente la demanda y solucionar los problemas de congestionamiento. Además, este proyecto contribuye al cumplimiento de la estrategia definida en el Plan Nacional de Infraestructura de “desarrollar ejes interregionales que mejoren la comunicación y la conectividad de la red carretera”.

Esta obra se encuentra dentro de los anexos del mecanismo de planeación de la SCT.

b. Propósito

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

- Mejorar los niveles de servicio.
- Aumentar las velocidades de operación.
- Reducir los tiempos de recorrido.
- Reducir los costos de operación de los diferentes tipos de vehículos.
- Dar seguridad a los usuarios al disminuirse la posibilidad de accidentes por maniobras de rebase y cruces a nivel.

c. Componentes

El proyecto consiste en la modernización integral de la autopista de cuota La Pera-Cuautla, mediante las siguientes obras (tabla 4):

- Tramo 1 (del km 0+000 al km 9+900), ampliación a 5 carriles de circulación (2 por sentido) con un tercer carril de ascenso adicional, en una sección de 25.5 m de ancho.
- Tramo 2 (del km 9+900 al km 27+200), ampliación a 4 carriles de circulación, con una sección tipo A4 de 22.0 m de ancho.
- Tramo 3 (del km 27+200 al km 34+200), construcción de calles laterales de 2 carriles y ancho de sección de 9.0 m cada una.
- Modernización de 4 entronques a desnivel, así como la ampliación de la incorporación en el entronque “La Pera”.
- Ampliación de la sección de 13 puentes, 10 PIV's, 12 PSV's y 8 PIP's.
- Replanteamiento de las plazas y el sistema de cobro. Se replantea un sistema cerrado de cobro con dos plazas principales y siete plazas auxiliares, todas nuevas, y un sistema de comunicación y señalamiento ITS de última tecnología.

Las figuras 3, 4 y 5 muestran las secciones transversales y las figuras 6 a 10 muestran los croquis de planta de los entronques. La ubicación de los entronques se indica en la figura 12.

Tabla 4 – Componentes del proyecto

Componente	Tipo	Longitud	Carriles
Ampliación del tramo 1, del km 0+000 al km 9+900, a 5 carriles de circulación.	A5	9.9	5
Ampliación del tramo 2, del km 9+900 al km 27+200, a 4 carriles de circulación.	A4/A4S	17.3	4
Ampliación del tramo 3, del km 27+200 al km 34+200, a 8 carriles, mediante la construcción de calles laterales a ambos lados.	A8	7.0	8
Modernización de Entronques:			
1. Entronque La Pera	“Y” canalizado	1.3	2
2. Entronque Tepoztlán	Múltiple	5.5	4
3. Entronque Santiago	Múltiple	4.2	4
4. Entronque Oacalco	Medio trébol	3.7	4
5. Entronque Oaxtepec	Trébol	4.8	4

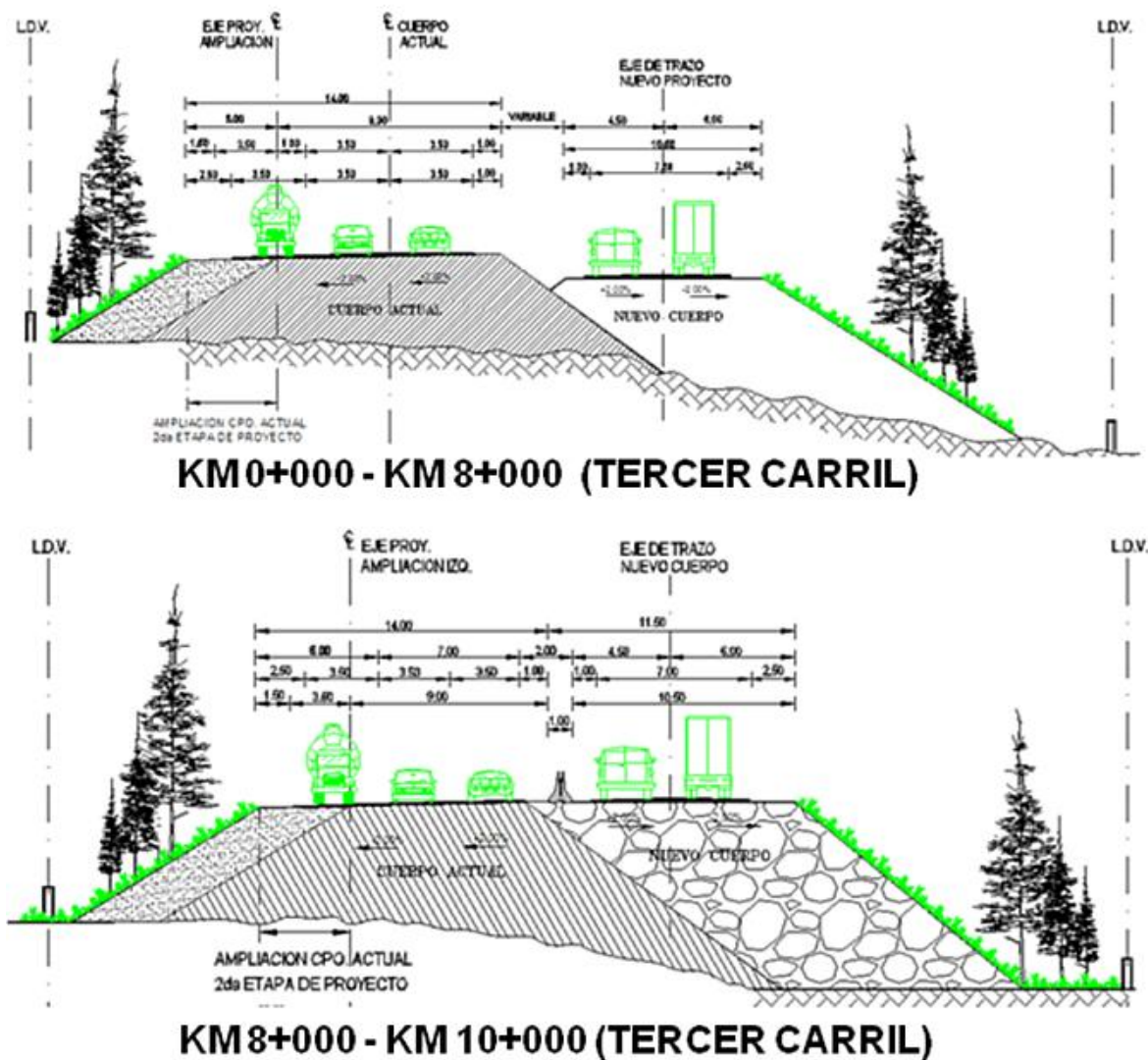
Figura 3 - Secciones transversales del tramo 1.

Figura 4 - Secciones transversales del tramo 2.

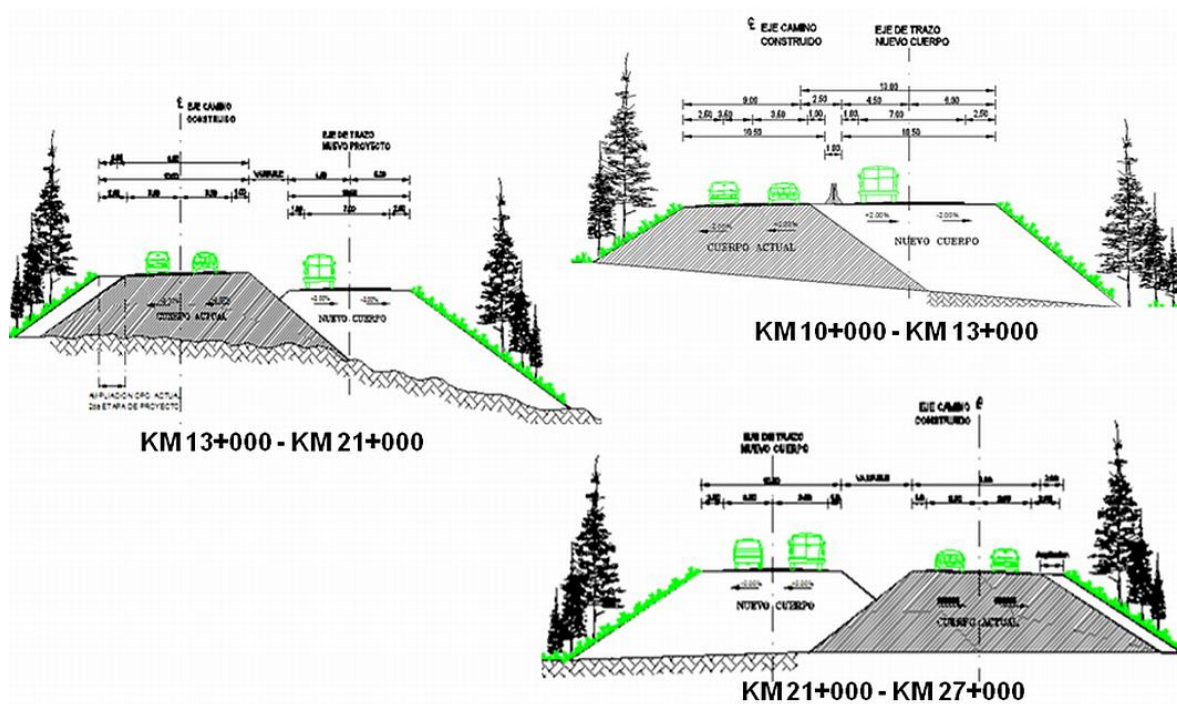
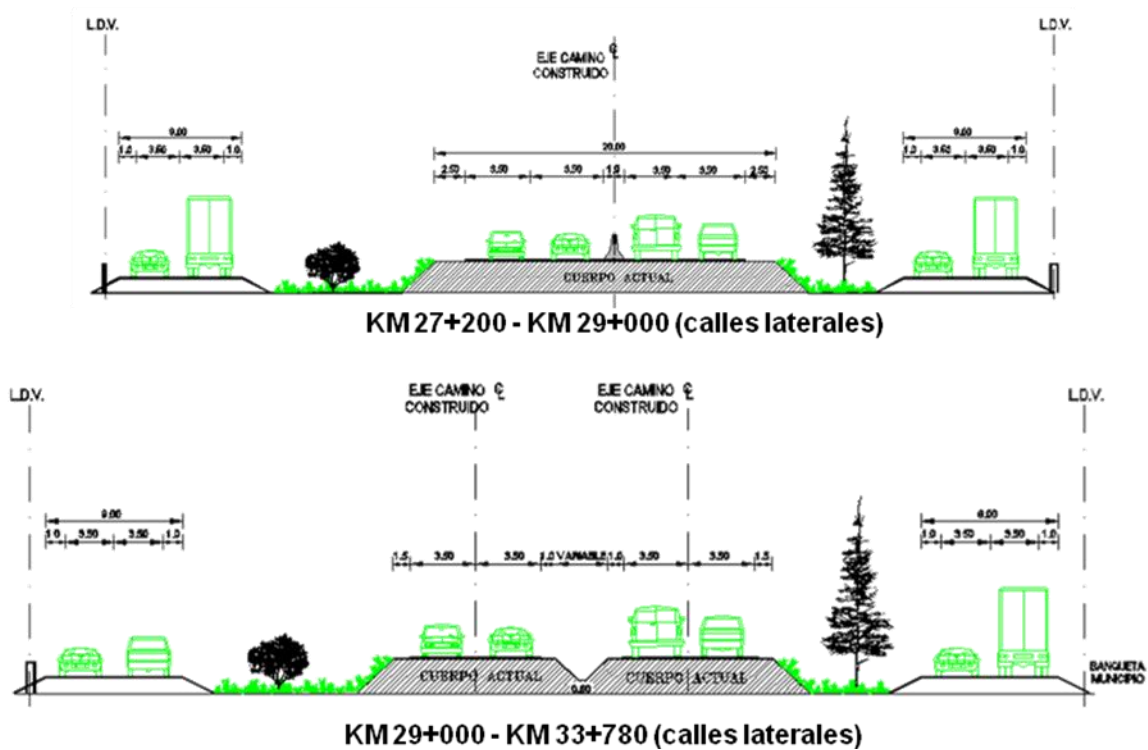


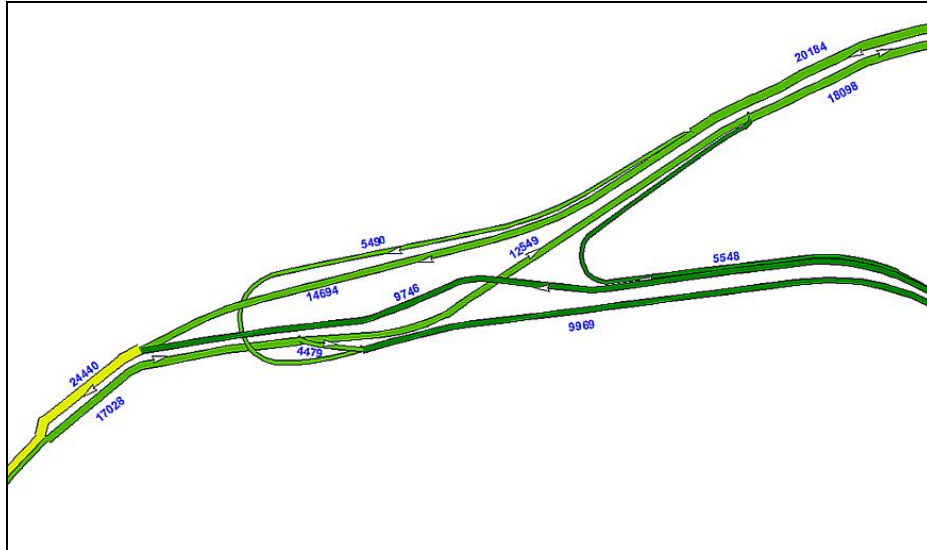
Figura 5 - Secciones transversales del tramo 3.



1. Entronque la Pera

En el entronque La Pera solo se está ampliando a dos carriles la incorporación a la Autopista México-Cuernavaca.

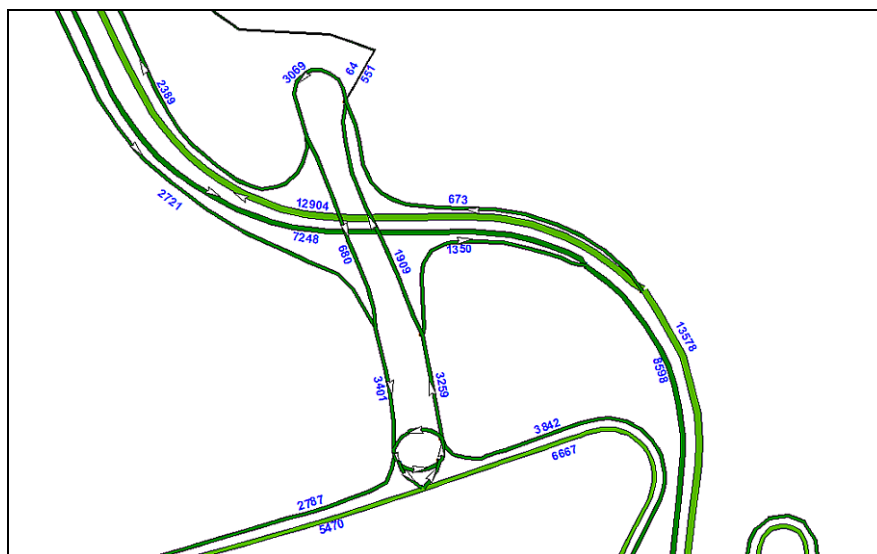
Figura 6 – Entronque La Pera



2. Entronque Tepoztlán

Es un entronque a desnivel que cuenta con la troncal y 10 ramas que sumadas dan una longitud de 5,534.71 m, además, en este entronque se involucran tres estructuras, dos PIV's y un PSV. El entronque da solución al tránsito proveniente de la ciudad de México y distribuye el tránsito hacia Tepoztlán, Cuernavaca libre, Cuautla y el poblado de Santa Catarina.

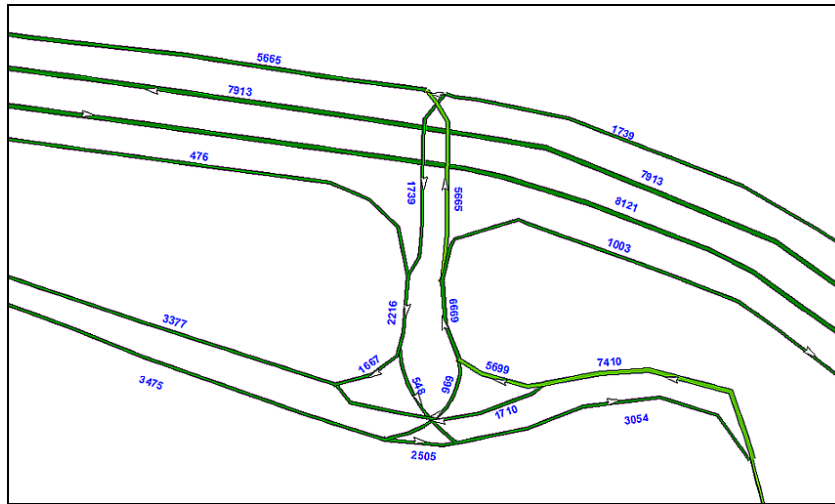
Figura 7 – Tepoztlán



3. Entronque Santiago

Es un entronque a desnivel que cuenta con la troncal y 8 ramas que sumadas dan una longitud de 4,251 m, en este entronque se está utilizando una estructura (PSV) que da solución a la nueva incorporación a la autopista proveniente de la ciudad de México, Tepoztlán y Yautepec, distribuyendo el tránsito hacia Tepoztlán, Yautepec, Oaxtepec y Cuautla.

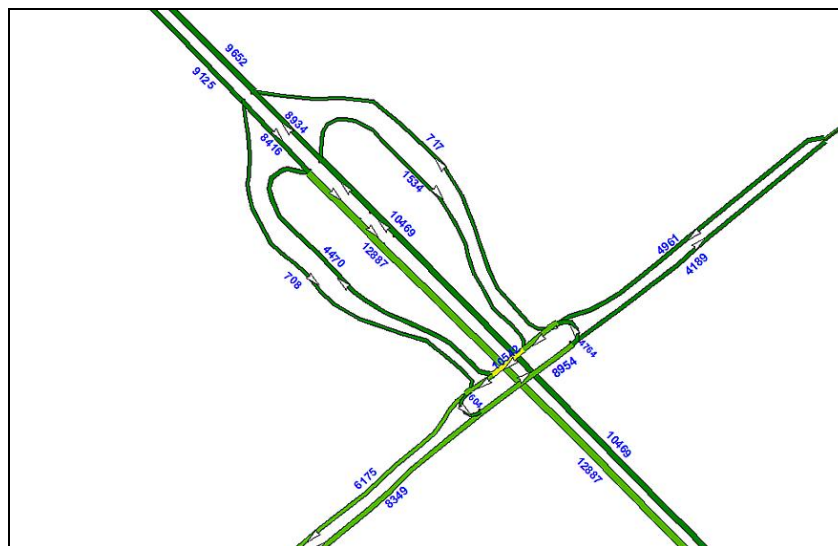
Figura 8 – Entronque Santiago



4. Entronque Oacalco

Es un entronque a desnivel que cuenta con la troncal y 12 ramas que sumadas dan una longitud de 3,665 m, además este entronque cuenta con una estructura (PSV), el entronque da solución al tránsito proveniente de la ciudad de México, Tepoztlán, Yautepec, Oaxtepec y Cuautla.

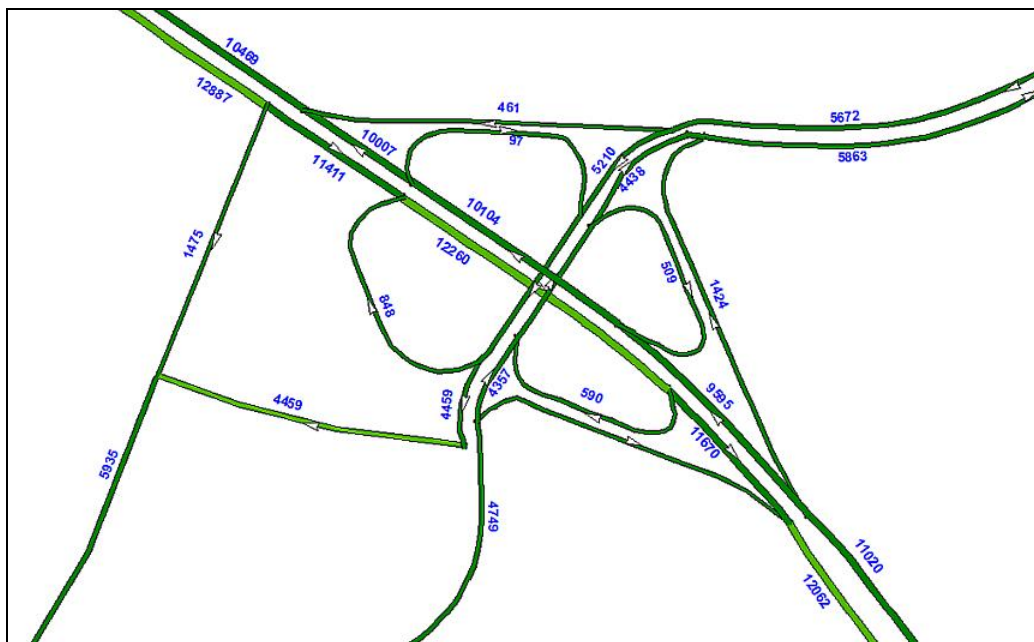
Figura 9 – Entronque Oacalco



5. Entronque Oaxtepec

Es un entronque a desnivel tipo trébol que cuenta con la troncal y 14 ramas que sumadas dan una longitud de 4,845 m, en este entronque se está utilizando una estructura (PSV), además un puente sobre el río Oaxtepec que cruza la troncal del entronque y da solución a la intersección que incorpora tránsito de la autopista proveniente de la ciudad de México, Tepoztlán, Oacalco, Cocoyoc, Yauatepec y Cuautla, distribuyendo el tránsito hacia los puntos antes mencionados.

Figura 10 – Entronque Oaxtepec



d. Calendario de actividades

Las principales acciones requeridas para realizar el proyecto se han programado de acuerdo a las siguientes fechas:

- | | |
|-------------------------|-----------------------------|
| ➤ Proceso de licitación | Enero y febrero 2011 |
| ➤ Construcción | Marzo 2011 a diciembre 2012 |
| ➤ Inicio de operaciones | Enero 2013 |

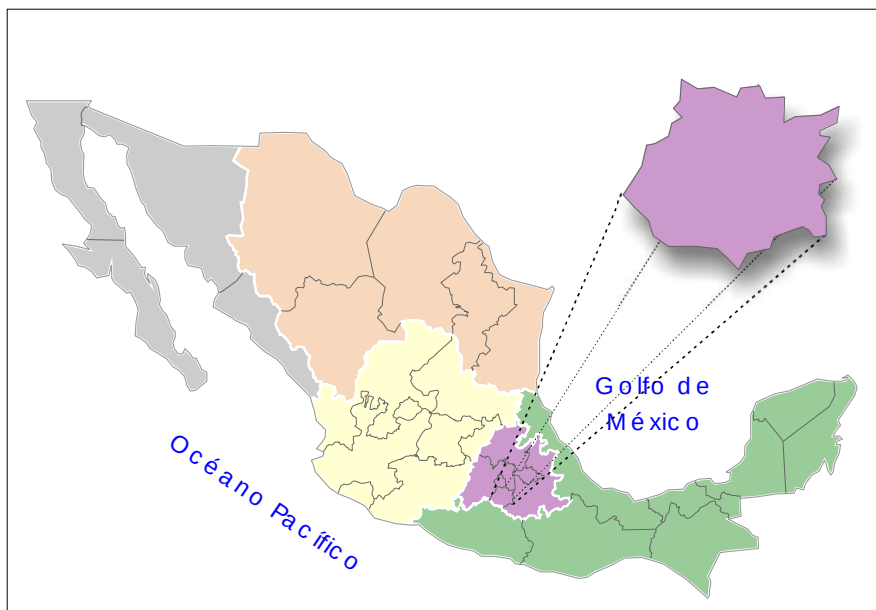
e. Tipo de proyecto o programa

Se trata de un proyecto de infraestructura económica para la producción de bienes y servicios en el sector comunicaciones y transportes.

f. Localización geográfica

El proyecto se ubica en los municipios de Tepoztlán, Yauhtepec y Cuautla, en el Estado de Morelos, que a su vez pertenece a la mesorregión Centro-País (ver figura 11). Las poblaciones de la región están dedicadas principalmente a actividades agrícolas, ganaderas, turísticas e industriales.

Figura 11 – Ubicación regional



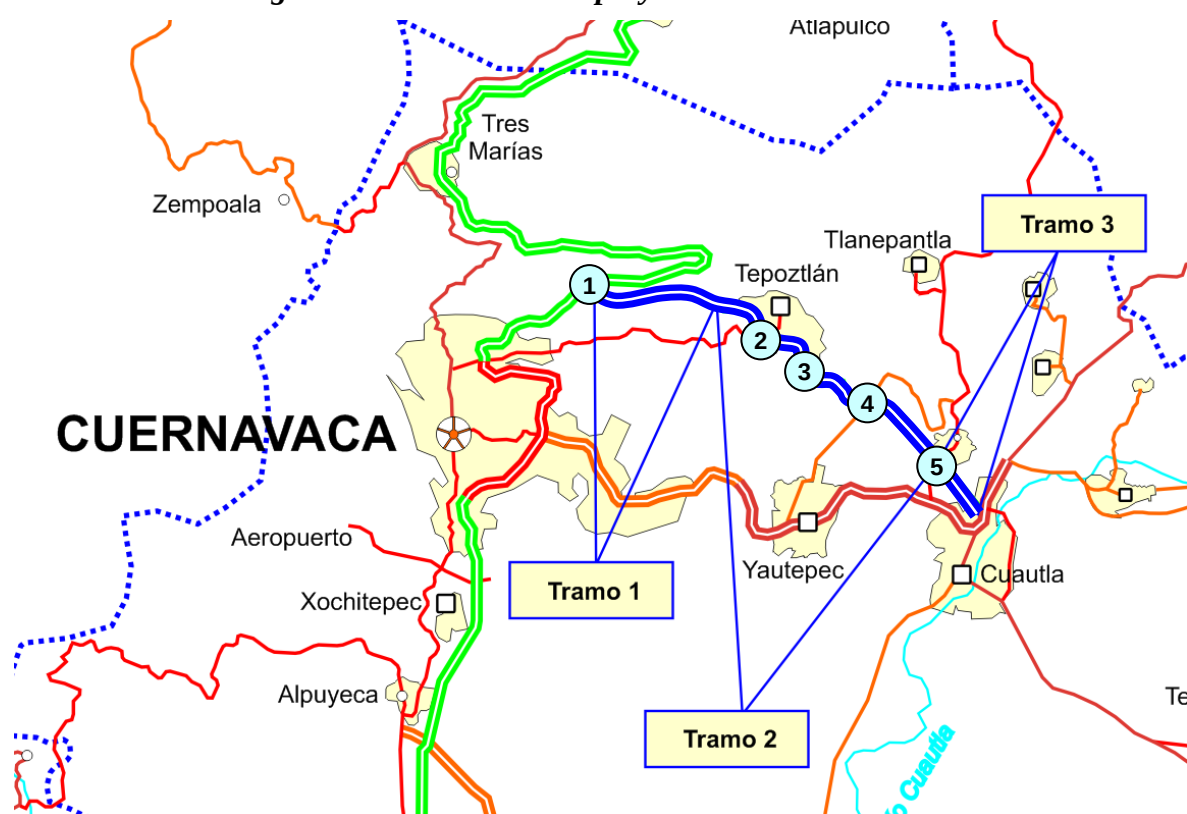
Dentro de la red nacional de carreteras, la autopista La Pera-Cuautla está identificada como MEX-106D, y sirve de enlace entre la autopista México-Cuernavaca y la carretera Chalco-Cuautla, tal como se muestra en la figura 12.

g. Vida útil del proyecto y su horizonte de evaluación

El horizonte de evaluación del proyecto es de 31 años, en tanto que la vida útil del proyecto es de 29 años, debido a que los 2 primeros son para su construcción.

h. Capacidad instalada

De acuerdo con la tasa de crecimiento obtenida de 3.5%, se pronosticó la demanda al horizonte de evaluación. Tomando como base la información de oferta y demanda, se realizó un análisis de capacidad del proyecto y se estudió su comportamiento a través del horizonte de proyecto, de donde se estima que los tres tramos presentarán niveles de servicio aceptables, tal como se muestra en la tabla 5.

Figura 12 – Ubicación del proyecto en la red carretera**Tabla 5 – Análisis de capacidad del proyecto**

Año	Tramo 1		Tramo 2		Tramo 3	
	TDPA	NS	TDPA	NS	TDPA	NS
0	10,598	A	11,375	A	15,956	A
1	10,969		11,773		16,514	
2	11,353		12,185		17,092	
3	11,750		12,612		17,691	
4	12,161		13,053		18,310	
5	12,587		13,510		18,951	
6	13,028		13,983		19,614	
7	13,484		14,472		20,300	
8	13,956		14,979		21,011	
9	14,444		15,503	B	21,746	
10	14,950		16,046		22,508	
11	15,473	B	16,607		23,295	
12	16,014		17,188		24,111	
13	16,575		17,790		24,954	
14	17,155		18,413		25,828	
15	17,755		19,057		26,732	
16	18,377		19,724		27,667	
17	19,020		20,414		28,636	
18	19,686		21,129		29,638	
19	20,375		21,868		30,675	
20	21,088		22,634	C	31,749	
21	21,826		23,426		32,860	

22	22,590	C	24,246		34,010	
23	23,380		25,095		35,201	
24	24,199		25,973		36,433	
25	25,046		26,882		37,708	
26	25,922		27,823		39,028	
27	26,830		28,797		40,394	B
28	27,769		29,804		41,807	
29	28,740		30,848	D	43,271	
30	29,746		31,927		44,785	

i. Metas anuales

Las metas físicas esperadas con la ejecución del proyecto son las siguientes:

Tabla 6 – Metas físicas anuales

Año	Obras por realizar	Longitud (km)
2011	Ampliación del tramo 2 (del km 9+900 al km 27+200). Ampliación del tramo 3 (del km 27+200 al km 34+200). Modernización de los entronques Santiago, Oacalco y Oaxtepec.	24.3
2012	Ampliación del tramo 1 (del km 0+000 al km 9+900). Modernización de los entronques La Pera y Tepoztlán.	9.9

j. Beneficios anuales y totales en el horizonte de evaluación.

Los beneficios del proyecto se estimaron en función del ahorro en tiempo de viaje de los usuarios en términos monetarios y de los ahorros en costos de operación vehicular, mismos que se calculan con la diferencia entre las situaciones sin y con proyecto. El detalle de la metodología para la obtención de los beneficios y ahorros del proyecto se encuentra en el capítulo 5.

k. Aspectos relevantes

El proyecto ejecutivo se realizó de acuerdo con la normatividad vigente de la SCT, por lo que cumple con las especificaciones relativas al proyecto de modernización de la vía; se encuentra en proceso la elaboración del proyecto de las casetas de cobro. En lo que se refiere al aspecto legal, la ampliación se construirá sobre la franja del derecho de vía existente de 60 m, sin embargo, se requiere derecho de vía adicional para los entronques, el cual se encuentra en proceso de adquisición con el apoyo del Gobierno de Morelos. Respecto al tema ambiental, se concluyó el estudio de la MIA y en proceso el ETJ del km 0+000 al km 21+000, y se cuenta con la exención ambiental de la MIA y el ETJ entre el km 21+000 y el km 34+200. Se gestiona con autoridades municipales el permiso ambiental para ingresar documentos a la SEMARNAT.

l. Avances en la integración del expediente técnico

El avance en la obtención de los elementos requeridos para iniciar la ejecución del proyecto es el que se muestra en la tabla 7.

Tabla 7 – Avances en los requerimientos del proyecto

Elemento	Avance (%)
Proyecto ejecutivo	100
Derecho de vía por adquirir en zona de entronques	75
Permisos (CFE, Pemex, INAH, otros)	100
Manifestación de impacto ambiental para el tramo del km 0+000 al km 21+000	75

El desarrollo de las actividades necesarias para obtener los requerimientos del proyecto implica que se tendrán todos los elementos antes de la licitación de la obra.

m. Costo total del proyecto

m.1. Etapa de ejecución

El monto total, sin incluir el IVA, es de 1,896.6 millones de pesos (mdp) a precios corrientes de 2010. El monto incluye el costo del proyecto ejecutivo, del derecho de vía, de la supervisión y de la obra civil.

El calendario de inversiones a erogar durante la etapa de ejecución considera los recursos necesarios para concluir la obra en un periodo de 2 años, tal como se muestra en la tabla 8.

Tabla 8 – Inversiones anuales (sin IVA)

Componente	Fuente de recursos	Año		Total
		2011	2012	
Tramo 1	Fonadin	---	620.6	620.6
Tramo 2		878.4	---	878.4
Tramo 3		397.6	---	397.6
Total		1,276.0	620.6	1,896.6
Avance Anual (%)		67.3	32.7	100.0
Avance Acumulado (%)		67.3	100.0	100.0

m.2. Etapa de operación

Durante la etapa de operación, se consideran los costos de mantenimiento y conservación, y que corresponden a lo siguiente: (i) rutinaria, 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) periódica, 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 15 años. La tabla 9 presenta los costos de mantenimiento y conservación considerados para las situaciones sin y con proyecto, de acuerdo a las frecuencias indicadas.

Tabla 9 – Mantenimiento y Conservación (miles de pesos/año)

Situación	Longitud (km)	Rutinaria	Riego de sello	Sobrecarpeta	Reconstrucción
<i>Sin Proyecto</i>	34.2	2640	11,000	44,000	167,200
Tramo 1	9.9	594	2,475	9,900	37,620
Tramo 2	17.3	1,038	4,325	17,300	65,740
Tramo 3	7.0	1,008	4,200	16,800	63,840
<i>Con Proyecto</i>	34.2	6,289	26,205	104,820	398,316
Tramo 1	9.9	1,782	7,425	29,700	112,860
Tramo 2	17.3	2,491	10,380	41,520	157,776
Tramo 3	7.0	2,016	8,400	33,600	127,680

n. Fuentes de recursos

La fuente de recursos es el Fonadin.

o. Supuestos técnicos y socio-económicos

- Horizonte de evaluación de 31 años, considerando 2 años de construcción y 29 años de operación.
- Tasa anual de crecimiento del tránsito de 3.5% obtenida de Datos Viales.
- Tasa social de descuento del 12.0% utilizada por la Unidad de Inversiones de la SHCP.
- Se consideran precios constantes de 2010 a lo largo del horizonte de evaluación, debido a que se está realizando un análisis en términos reales.

p. Infraestructura existente y proyectos en desarrollo afectados

Este proyecto no afecta a otros en desarrollo en la región, por el contrario, servirá para mejorar las condiciones de operación de los usuarios.

3 -Situación con proyecto

Con la realización de este proyecto, se tendrá un acceso eficiente a la región del oriente del Estado de Morelos, principalmente a la zona de Oaxtepec y Cuautla, la cual es una de las más importantes en el ámbito turístico. Con la realización de este proyecto se dará un impulso muy importante al desarrollo económico y social de la región, al facilitar el movimiento de personas y bienes.

La tabla 10 muestra un comparativo de las principales variables de oferta y demanda de la situación actual optimizada sin proyecto con la situación con proyecto.

Tabla 10 – Comparativo de las situaciones sin y con proyecto

Concepto	Situación optimizada sin proyecto	Situación con proyecto
Longitud (km)	34.2	34.2
Estado físico	Regular	Bueno
Número de carriles		
Tramo 1	2	5
Tramo 2	2	4
Tramo 3	4	8
Velocidad de operación* (km/hr)		
Tramo 1	38	94
Tramo 2	34	93
Tramo 3	93	106
Tiempo de recorrido* (min)	50.6	21.5
TDPA		
Tramo 1	10,598	10,598
Tramo 2	11,375	11,375
Tramo 3	15,956	15,956

* Las velocidades y tiempos que se presentan son las correspondientes a automóviles. Las velocidades para autobuses y camiones de carga se encuentran en las hojas de cálculo anexas al presente informe. Los Costos Generalizados de Viaje se presentan en el anexo de cálculo.

4 -Evaluación del proyecto

a. Método de análisis

El método que se emplea para la evaluación económica es mediante el “Análisis Costo-Beneficio”.

La evaluación económica de un proyecto de infraestructura carretera se basa en la determinación de las ventajas que ofrecerá al usuario, en términos de ahorros en costos de operación vehicular y tiempo de recorrido de los usuarios en comparación con la inversión requerida para ello. Se trata entonces de una relación entre los beneficios que recibirá la colectividad con la realización del proyecto y los costos en que incurrirá la nación para proporcionarlos. De esta forma, la evaluación económica se basa en la comparación de dos escenarios: con proyecto y sin proyecto, de lo cual se obtienen los beneficios buscados.

La comparación de ambos escenarios implica el análisis de las relaciones entre la oferta y demanda de la infraestructura. La oferta se refiere a la infraestructura carretera que, para el caso de la situación sin proyecto, la constituyen las instalaciones existentes, mientras que en la situación con proyecto considera las modificaciones que se proponen realizar a aquéllas, o bien la realización de obras nuevas. La demanda se refiere a la estimación del tránsito probable tanto para la situación con y sin proyecto y de su posible evolución. El análisis toma en cuenta que la demanda y su evolución están condicionadas por la oferta disponible.

Otros 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. Aún 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.

Por lo que se refiere a montos de inversión, en el cálculo intervienen la inversión en obra física, sea construcción o modernización, y el mantenimiento de la infraestructura en las dos condiciones indicadas anteriormente. Los montos de inversión en la situación con proyecto están compuestos por la inversión inicial y los gastos programados para su futuro mantenimiento. Para el caso de la situación sin proyecto, los constituyen aquellos relacionados con la situación actual optimizada, que en la mayoría de los casos están integrados por los montos de inversión para la conservación y mantenimiento.

Con base en la información anterior, se estiman los beneficios económicos del proyecto mediante la resta de los costos asociados a la situación con proyecto menos los correspondientes a la situación sin proyecto. En otros términos, los beneficios económicos derivados de la puesta en operación de un proyecto de infraestructura carretera, cuantificables en términos monetarios, se derivan principalmente de dos fuentes: ahorros

por menores costos de operación vehicular y ahorros por menores tiempos de recorrido de los usuarios.

Finalmente, en virtud de que los efectos del proyecto se manifiestan a lo largo de su vida útil, se generan flujos de beneficios y costos con diferente valor en el tiempo, por lo que, para hacer comparables los valores de dichos flujos, es necesario emplear una tasa de actualización que refleje las preferencias por el consumo inmediato o diferido. En este caso se utilizó una tasa de actualización del 12%, como ocurre generalmente en proyectos de infraestructura carretera. La rentabilidad del proyecto se midió en términos de los indicadores: Tasa Interna de Retorno (TIR), Valor Presente Neto (VPN) y la Tasa Rentabilidad Inmediata (TRI).

b. Evaluación Económica

Identificación, cuantificación y valoración de beneficios.

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

Ahorro en 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. Las velocidades iniciales para ambos casos se muestran en la tabla 8. En ambos casos, sin y con proyecto, las velocidades para años futuros se van reduciendo a partir de su valor inicial, de acuerdo con el ritmo de crecimiento del tránsito.

El segundo insumo importante es el valor económico del tiempo de los usuarios. Estos valores se tomaron del Boletín Notas 123, Artículo 2, marzo-abril de 2010, emitido por el Instituto Mexicano del Transporte (IMT). De acuerdo con el IMT, el valor del tiempo de los pasajeros que viajan por motivo de trabajo es de \$26.37 y por motivo de placer de \$15.82 pesos por hora, actualizado a 2010. Con base en información obtenida por la SCT en encuestas origen-destino, se considera que en promedio un 57% de los pasajeros viaja con motivo de trabajo y un 43% con motivo de placer, tanto para automóvil como para autobús. La configuración del valor del tiempo de los usuarios que se empleó se muestra en la tabla 14.

Tabla 14 - Parámetros para estimar el valor del tiempo

Concepto	Valor	Unidad
Valor del tiempo viaje de trabajo	26.37	\$/hr
Valor del tiempo viaje de placer	15.82	\$/hr
Porcentaje de viajeros por motivo de trabajo	57.0	%
Número de pasajeros auto	2.50	pas/veh
Número de pasajeros autobús	22.00	pas/veh
Valor del tiempo de la carga	15.00	\$/hr/ton
Toneladas promedio	13.80	ton/veh

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 30 años del horizonte del proyecto. En la tabla 8 se presenta el comparativo del tiempo de viaje en las situaciones sin y con proyecto y la tabla 12 muestra los resultados y beneficios para el primer año de operación del proyecto.

Tabla 12 – Beneficios por ahorro en tiempo de viaje

Costos totales (miles de pesos/año)	Sin Proyecto	Con Proyecto	Beneficios
Por tiempo de viaje del tránsito	389,615	164,039	225,516

Ahorro en 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. Los insumos básicos para las corridas del VOC consideraron los valores reportados por el IMT sobre las características técnicas de los vehículos que operan en México, así como de las características representativas de las carreteras en México para los diferentes tipos de terreno: plano, lomerío y montañoso. Los parámetros con los que se alimentó el VOC son los que se muestran en la tabla 13.

Tabla 13. Parámetros para obtener los costos de operación vehicular

PARÁMETRO	UNIDAD	Automóvil	Autobús	Camión
Costos unitarios				
Precio del vehículo nuevo	\$	189,843.531	1'883,447.000	1'032,217.625
Costo del combustible	\$/litro	7.170	6.100	6.100
Costo de los lubricantes	\$/litro	23.550	23.130	23.130
Costo por llanta nueva	\$/llanta	760.630	2,394.960	2,238.730
Tiempo de los operarios	\$/hora	0.000	64.610	51.700
Tiempo de los pasajeros	\$/hora	0.000	0.000	0.000
Tiempo de la carga	\$/hora	0.000	0.000	0.000
Mano de obra de mantenimiento	\$/hora	20.680	54.920	36.190

Para la situación actual optimizada sin proyecto se consideró una calidad de la superficie de rodamiento correspondiente a la meta del promedio nacional de la red federal de carreteras, así como la eliminación de los reductores de velocidad, y un señalamiento horizontal y vertical en buen estado.

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

de operación vehicular anuales se obtienen por tipo de vehículo y se encuentran en las hojas de cálculo anexas.

La tabla 14 presenta los costos totales de operación vehicular (miles de pesos por año) para las situaciones sin y con proyecto.

Tabla 14 – Beneficios por ahorro en costos de operación

Costos totales (miles de pesos/año)	Sin proyecto	Con Proyecto	Beneficios
Operación vehicular del tránsito	777,808	662,535	115,272

La evaluación económica del proyecto se realizó a nivel prefactibilidad, utilizando velocidades de operación para la situación con proyecto estimadas y costos de obra a partir de precios índice, bajo las siguientes premisas:

- En la situación sin proyecto se considera la situación actual optimizada en cuanto a la calidad de la superficie de rodamiento, eliminación de reductores de velocidad, buen estado físico del señalamiento horizontal y vertical, y una tasa de crecimiento del tránsito conservadora del 3.5% anual durante el periodo de análisis.
- En la situación con proyecto se consideraron las características geométricas indicadas en la descripción del proyecto. No incluye costos por molestias a los usuarios ya que se consideran mínimos dado que las obras se pueden realizar por etapas en las que los usuarios utilizan un cuerpo, mientras que se trabaja en el otro.

La tabla 15 resume el valor de los parámetros básicos utilizados para llevar a cabo la evaluación económica del proyecto.

Tabla 15 – Parámetros para la evaluación económica

Tramo	Longitud (km)	TDPA	Composición Vehicular			Inversión (mdp)
A%	B%	C%				
1. Tramo 1	9.9	10,598	87.4	5.8	6.8	620.6
2. Tramo 2	17.3	11,375	87.2	5.4	7.4	878.4
3. Tramo 3	7.0	15,956	87.3	5.1	7.6	397.6

c. Resultados

Considerando un período de análisis de 30 años, los indicadores de rentabilidad del proyecto son los que se muestran en la tabla 16.

Tabla 16 – Indicadores económicos

Tasa Interna de Retorno (%)	Valor Presente Neto (mdp)	Tasa de Rentabilidad Inmediata (%)
24.5	3,028.9	16.5

Con base en estos indicadores, se observa que el proyecto es rentable desde el punto de vista económico, pues genera la utilidad necesaria, durante 30 años, en comparación con el monto de la inversión, con una tasa de descuento del 12%.

5 -Análisis de sensibilidad y riesgos

a. Análisis de sensibilidad

Con el propósito de identificar los efectos que ocasionaría la modificación de las variables relevantes sobre los indicadores de rentabilidad del proyecto, se efectuaron análisis de sensibilidad con respecto al monto de la inversión, a los costos de operación y mantenimiento, y a la demanda, modificando las cifras del 60 al 140% respecto del valor programado. Los resultados se muestran en las tablas 17 a 19.

Tabla 17 – Análisis de sensibilidad al monto de la inversión

Tasa de variación (%)	Inversión (mdp)	TIR (%)	VPN (mdp)	TRI (%)
140	2,655.2	19.4%	2,296,849	11.8%
130	2,465.6	20.4%	2,479,860	12.7%
120	2,275.9	21.6%	2,662,871	13.7%
110	2,086.3	23.0%	2,845,881	15.0%
100	1,896.6	24.5%	3,028,892	16.5%
90	1,706.9	26.4%	3,211,903	18.3%
80	1,517.3	28.6%	3,394,914	20.6%
70	1,327.6	31.3%	3,577,924	23.5%
60	1,138.0	34.8%	3,760,935	27.4%

Este análisis de sensibilidad muestra que aún aumentando en un 30.0% el monto de la inversión, el proyecto sería rentable económicamente. Al aumentar la inversión 2.66 veces el VPN sería igual a cero. Al aumentar la inversión de 1.37 veces la TRI es 12%.

Tabla 18 – Análisis de sensibilidad a los costos de operación y mantenimiento

Tasa de variación (%)	TIR (%)	VPN (mdp)	TRI (%)
140	24.4%	2,985,617	16.4%
130	24.4%	2,996,436	16.4%
120	24.5%	3,007,255	16.4%
110	24.5%	3,018,073	16.4%
100	24.5%	3,028,892	16.5%
90	24.6%	3,039,711	16.5%
80	24.6%	3,050,529	16.5%
70	24.6%	3,061,348	16.5%
60	24.7%	3,072,167	16.5%

Este análisis de sensibilidad muestra que aún aumentando en un 40.0% los costos de operación y mantenimiento, el proyecto sería rentable económicamente. Asimismo, se observa que hay poca sensibilidad de los indicadores a los costos de mantenimiento.

Tabla 19 – Análisis de sensibilidad a la demanda

Tasa de variación (%)	TIR (%)	VPN (mdp)	TRI (%)
140	38.2%	5,846,491	40.8%
130	36.2%	5,329,910	37.9%
120	33.5%	4,749,746	32.8%
110	29.4%	3,980,355	23.8%
100	24.5%	3,028,892	16.5%
90	20.1%	2,034,552	11.4%
80	16.3%	1,086,069	7.9%
70	13.0%	240,661	5.5%
60	9.9%	(470,030)	3.7%

Este análisis de sensibilidad muestra que aún disminuyendo en un 70.0% la demanda, el proyecto sería rentable económicamente. Con el 66.8% de la demanda el VPN sería igual a cero. Con el 91.5% de la demanda la TRI es 12.0%.

b. Riesgos

Mencionar los riesgos asociados al proyecto durante la etapa de licitación (problemas en la liberación del derecho de vía, variaciones de los precios de mercado), la etapa de ejecución (calidad del suelo, fenómenos meteorológicos, accidentes de trabajo) y en la etapa de operación (inflación, variación significativa de la demanda, ingresos) que puedan afectar su viabilidad y rentabilidad.

6 -Conclusiones

Los resultados de la evaluación económica indican que el proyecto es económicamente rentable, pues permitirá ofrecer beneficios significativos debidos a 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.

La modernización del tramo La Pera-Cuautla mejorará sustancialmente el nivel de servicio ofrecido a los usuarios, al proporcionar una mejor y más eficiente comunicación en la zona.

En síntesis, con la ampliación del tramo carretero La Pera-Cuautla, la operación del tránsito se verá beneficiada en los siguientes aspectos:

- Aumento en las velocidades de operación de los diferentes tipos de usuarios.
- Reducción en los tiempos de recorrido.
- Reducción en los costos de operación de los diferentes tipos de vehículos.
- Operación más segura para los usuarios al eliminarse la posibilidad de accidentes por maniobras de rebase.

De acuerdo con los indicadores obtenidos en el presente estudio, se recomienda la realización de este proyecto.