

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERÍA

LICENCIATURA INGENIERÍA CIVIL

AREA DE DOCENCIA PLANEACIÓN

ASIGNATURA: EVALUACIÓN DE PROYECTOS

UNIDAD V. LA EVALUACIÓN DE PROYECTOS.

MONOGRAFÍA

EL PROCESO DE EVALUACION DE PROYECTOS

EUSEBIO CÁRDENAS GUTIÉRREZ

SEPTIEMBRE DE 2016

Índice.....	2
Presentación.....	3
Introducción.....	4
1. Antecedentes: Qué es un proyecto	4
2. La evaluación de proyectos: referentes teóricos.	5
3. La evaluación de un proyecto carretero.....	7
4. Caso de estudio	10
4.1 Caracterización de la zona de estudio	10
4.2 Condiciones de la oferta en situación actual.....	11
4.3 Condiciones de la demanda en situación actual	12
4.4 Interacción entre la oferta y la demanda en situación actual	14
4.5 Definición del proyecto.....	16
4.6 Condiciones de la oferta en situación con proyecto	19
4.7 Condiciones de la demanda en situación con proyecto.....	20
4.8 Interacción entre oferta y demanda en situación con proyecto.....	21
4.9 Definición de los criterios de extensión, valoración y homogeneidad	22
4.10 Cálculo de los beneficios esperados del proyecto	23
4.11 Cálculo de indicadores de rentabilidad.....	24
4.12 Matriz de marco lógico.....	27
5. Conclusiones.....	28
Referencias.....	29

Presentación

En el 8º Semestre del Plan de Estudios de la Carrera de Ingeniería Civil se ubica la asignatura de Evaluación de Proyectos cuyo objetivo, de acuerdo al programa vigente es: “el alumno será capaz de determinar la conveniencia de llevar a cabo un proyecto determinado de ingeniería civil en atención a factores como su ubicación, las características de la demanda del bien o servicio a producir, la ingeniería del proyecto, el monto de las inversiones de construcción y de conservación, el beneficio que genera para la sociedad y/o para el prestador del servicio lo que en conjunto determina la factibilidad del proyecto”.

Asimismo como parte de las unidades que conforman la asignatura de Evaluación de Proyectos se encuentra la UNIDAD V “La evaluación de proyectos” cuyo objetivo es: “El alumno será capaz de determinar la conveniencia de llevar a cabo la construcción de un proyecto...” La conveniencia a la que se refiere el objetivo anterior se aborda de acuerdo a las normas existentes desde varias perspectivas: la técnica, la económica, la ambiental, la económica, la legal, la financiera y también la factibilidad social.

Lo antes señalado implica la realización de estudios de diferente carácter que dan como resultado la decisión de llevar o no adelante la ejecución física de una obra de ingeniería civil.

Cabe señalar que algunas de esas llamadas factibilidades, cuando no lo son, suelen requerir para volverse afirmativas, en modificaciones técnicas que a su vez se traducen en requerimientos económicos, por lo que es en este último análisis donde se suele verse reflejada la factibilidad total del proyecto.

En la presente Monografía se desarrollan los antecedentes teórico conceptuales de la evaluación económica de un proyecto, las formas específicas en términos de indicadores que determinan su grado de factibilidad, todo lo cual se aplica a un ejemplo real en la evaluación de un camino.

Introducción

La mayor parte de las actividades dentro de la ingeniería civil se dan en la planeación, el diseño y la construcción de proyectos de diferentes tipos, los que se caracterizan atendiendo principalmente a su objetivo y a su ubicación. La planeación de un proyecto, para efectos de estas notas, se refiere a la definición del tipo, modalidad, temporalidad y ubicación en las que debe llevarse a cabo, es decir, responder a las preguntas de si el proyecto se debe construir, y en su caso, dónde, cuándo, de qué tamaño, con qué costos y con qué beneficios esperados.

El tipo de proyectos de ingeniería civil a los que cabe aplicar los cuestionamientos previos es muy variado, entre los más comunes se encuentran los siguientes:

- Edificaciones urbanas como vivienda, naves industriales, centros comerciales, edificios de oficinas o de servicios.
- Obras hidráulicas de diverso propósito como generación de energía, riego, suministro de agua potable, desalojo y tratamiento de aguas usadas.
- Sistemas de transporte y vías de comunicación urbanas e interurbanas.
- Obras de generación y aprovechamiento de energía de diversas fuentes, entre otras.

El propósito de evaluar un proyecto responde a la necesidad de determinar la conveniencia de asignar a su ejecución recursos provenientes ya sea del sector público, que resulten en un beneficio colectivo o recursos de particulares que resulten tanto en un beneficio para los inversionistas como para los usuarios.

Ahora bien, la determinación sobre la posibilidad de llevar a cabo una obra de ingeniería civil radica en los resultados que arrojen diferentes tipos de valoraciones entre las que se pueden señalar las correspondientes a los siguientes aspectos: legal, social, económico, ambiental, financiero y los de carácter propiamente técnico.

1. Antecedentes. ¿Qué es un proyecto?

De acuerdo con Baca Urbina (1999), proyecto es la búsqueda de una solución inteligente al planteamiento de un problema tendiente a resolver una necesidad humana. Para el mismo autor, proyecto de inversión se puede describir como un plan que, si se le asigna determinado monto de capital y se le proporcionan insumos de varios tipos, podrá producir un bien o un servicio, útil al ser humano.

Fontaine (1998) nos dice que para el economista un proyecto es una fuente de costos y beneficios que ocurren en distintos periodos de tiempo.

Desde otra perspectiva, para el Project Management Institute (2000), un proyecto es un esfuerzo temporal orientado a la creación de un único producto o servicio.

Para la Unidad de Inversiones de la Secretaría de Hacienda y Crédito Público (2013), los proyectos de inversión se definen como *“las acciones que implican erogaciones de gasto de capital destinadas a obra pública en infraestructura, así como la construcción, adquisición y modificación de inmuebles, las adquisiciones de bienes muebles asociadas a estos proyectos, y las rehabilitaciones que impliquen un aumento en la capacidad o vida útil de los activos de infraestructura e inmuebles.”*

En este mismo sentido, Frame (1995) señala que un proyecto comparte cuatro características:

- Orientado a objetivos
- Involucra la acción coordinada de actividades interrelacionadas
- Una duración finita con principio y fin
- Es único.

Un proyecto de Ingeniería Civil además de las cuatro características anteriores y de acuerdo a diferentes autores como Halpin y Woodhead (2000) y organizaciones como la American Society of Civil Engineers, www.asce.org, es el conjunto de documentos, que incluye estudio de necesidades, planos, memorias de cálculo, catálogo de conceptos, presupuesto y programa. En ese conjunto de documentos debe incluirse el estudio que demuestre la factibilidad económica del proyecto lo que usualmente se conoce como análisis Costo beneficio.

Mediante ese conjunto de documentos se puede llevar a cabo la realización física de una obra, en términos de calidad, costo y tiempo, para satisfacer una necesidad específica de un grupo de población.

2. La evaluación de proyectos

En términos generales se puede decir que el propósito de la evaluación será emitir un juicio sobre la conveniencia de llevar a cabo una propuesta Fontaine (2008) que en nuestro caso se refiere a una obra de ingeniería civil.

Como ya se señaló, los tipos de evaluación o análisis de factibilidad a que debe ser sometido un proyecto de ingeniería civil se han referido tradicionalmente a los aspectos Legales, Técnicos y Económicos Sapag (2007) quien también incluye los de Gestión y los de Política, los cuales, estos últimos, están asociados con aspectos de viabilidad Social del proyecto.

Las normas sobre autorización para la construcción de proyectos tanto públicos como privados han incluido estudios que demuestren la factibilidad Ambiental y en el caso de proyectos del sector público la existencia de las fuentes de Financiamiento.

La factibilidad legal se refiere al cumplimiento de los requisitos establecidos, para el tipo de proyecto de que se trate, por las leyes y reglamentos aplicables de carácter federal, estatal y municipal.

La factibilidad política y social se referirá a la intención de realizarla y a la aceptación de la obra por parte de los grupos de población beneficiarios o que puedan ser afectados por su ejecución.

La factibilidad técnica se refiere a que la ejecución del proyecto se pueda realizar con los recursos de materiales, mano de obra y equipo usualmente disponibles, bajo estándares de rendimientos, calidad y costo establecidos.

La factibilidad ambiental se refiere a que los impactos sobre el medio ambiente: agua, suelo flora y fauna y aire, sean reversibles o atenuados durante el proceso de construcción y funcionamiento del proyecto.

Los análisis de factibilidad en los temas antes descritos, son motivo de cursos específicos y que conforman el sustrato para el abordaje de la factibilidad económica que es el motivo de las presentes notas y la cual, en buena medida, da lugar al análisis de factibilidad financiera.

La factibilidad financiera se refiere a la disponibilidad de una fuente de recursos, que puede ser pública o privada, al costo de esos recursos para llevar a cabo el proyecto y a la posibilidad de que el proyecto sea la fuente de los recursos necesarios para su propia financiación.

La factibilidad económica de los proyectos de ingeniería civil que es el objeto de las presentes notas se refiere a la relación entre lo que genéricamente se denominan ventajas y desventajas o beneficios y costos producidos por el proyecto a lo largo de su vida útil como ya se apuntaba en la publicación pionera de la CEPAL(1958) y que se suelen traducir en un análisis costo beneficio en términos de unidades monetarias.

La evaluación económica de un proyecto dado es, en buena medida, la base para decidir sobre el futuro del mismo, para determinar si el proyecto se materializa y en qué momento o si se pospone o se cancela su materialización. Los criterios para la evaluación estarán en función del objetivo general del proyecto y su fuente de financiamiento.

El proceso para la evaluación de un proyecto de ingeniería civil, siguiendo referencias como Fontaine (2008) Baca Urbina (2010), la guía técnica de la SHCP que es aplicable a los

proyectos del sector público, se refiere básicamente a los siguientes aspectos que se pueden agrupar en Condiciones sin proyecto, Condiciones con proyecto y Cálculo de indicadores de rentabilidad económica del proyecto por diferencia entre ambas situaciones.

En los Lineamientos para la elaboración estudios Costo Beneficio de proyectos de inversión SHCP (2013) el proceso de evaluación económica del proyecto se realiza en términos de los siguientes pasos:

- 2.1 Caracterización de la zona y ubicación del proyecto.
- 2.2 Condiciones de la oferta actual del bien o servicio.
- 2.3 Condiciones actuales de la demanda por el bien o servicio.
- 2.4 Interacción entre la oferta y la demanda en la situación actual.
- 2.5 Definición del proyecto en cuanto a tamaño, ubicación, especificaciones y costos.
- 2.6 Condiciones de la oferta en situación con proyecto: identificación de la cantidad, calidad y precio del bien o servicio proporcionado por el proyecto.
- 2.7 Estimación de la demanda en situación con proyecto
- 2.8 Interacción entre la oferta y la demanda en situación con proyecto.
- 2.9 Aplicación de los criterios de valoración, extensión y homogeneidad de los costos y beneficios esperados por el proyecto.
- 2.10 Estimación de beneficios del proyecto por diferencias entre interacción sin proyecto e interacción con proyecto a lo largo de la vida útil del proyecto.
- 2.11 Cálculo de indicadores de rentabilidad como VPN, TRI, TIR y comparación con valores deseables.
- 4.12 Matriz de Marco Lógico.

3. Evaluación de un proyecto carretero y aplicación a un caso de estudio.

3.1 Caracterización de la zona de estudio y ubicación del proyecto.

La caracterización de la zona de estudio tiene por objeto conocer el contexto físico, poblacional, económico en que se propone ubicar el proyecto, para tener una primera aproximación al efecto que el proyecto pueda tener en la región donde se ubica. Para el caso de un proyecto carretero se trata de ubicar y caracterizar a las comunidades a lo largo de su trayectoria que pueden ser beneficiadas en términos de acceso a centros de producción, consumo y comercialización de bienes y servicio así como a los posibles beneficiarios en trayectorias de largo recorrido provenientes de otras zonas con orígenes y destinos fuera de la zona de ubicación del proyecto.

3.2 Condiciones de la oferta.

Consiste de identificar las condiciones de la infraestructura existente en términos de su capacidad la cual está asociada a sus características físicas tales como dimensiones del ancho de corona, número de carriles, existencia y tamaño de acotamientos y de separación central,

pendientes, curvas horizontales y verticales, estado de conservación y aspectos específicos al tipo de infraestructura de que se trate, todo lo cual permite determinar la capacidad de atender una demanda determinada.

3.3 Condiciones de la demanda.

Consiste de la cuantificación de las veces que se requiere adquirir o utilizar el bien o servicio por los usuarios. Determinación del tipo y número de usuarios, su distribución a lo largo del día y en este caso a lo largo de la trayectoria del camino. Para el caso de proyectos carreteros se suele realizar una tramificación del camino en función de sus principales entronques y en ellos medir los cambios en los volúmenes de circulación.

3.4 Interacción entre la oferta y la demanda en la situación actual.

Identificación de las condiciones en cuanto a cantidad, oportunidad, calidad y costo en que es adquirido el bien o servicio por los usuarios y comparación con situaciones deseables. En el caso de un proyecto carretero determinación de tiempos y costos de recorrido del camino para los diferentes tipos de usuarios y comparación con rutas alternas y condiciones deseables.

3.5 Definición del proyecto.

En el caso de proyectos carreteros se parte de la estimación de la demanda actual y previsible para proponer el tipo de camino y sus características en cuanto a tipo, tamaño, ubicación, parámetros principales, componentes, materiales, forma de operación.

3.6 Condiciones de la oferta en situación con proyecto:

Caracterización de las posibilidades para los usuarios en términos de la nueva capacidad disponible, identificación de la situación en cuanto a longitud, número de carriles, curvaturas horizontal y vertical, visibilidades, pendientes, condiciones del pavimento. Cálculo de los costos de construcción y de conservación y operación a lo largo de la vida útil del proyecto.

3.7 Estimación de la demanda en situación con proyecto.

La disponibilidad de nuevas condiciones de circulación vehicular propicia la mayoría de las veces que a la demanda estimada en situación sin proyecto se agreguen otros usuarios a los que genéricamente se conoce como tránsito inducido, que es aquel de quienes utilizaban otras vías de comunicación y ahora prefieran la nueva carretera o de aquellos que no realizaban viajes y ahora lo hagan.

3.8 Interacción entre la oferta y la demanda en situación con proyecto.

Condiciones de cantidad, calidad, oportunidad y precio en que se estima sería adquirido el bien o servicio, en situación con proyecto.

3.9 Definición de criterios de valoración, extensión y homogeneidad de los costos y beneficios esperados por el proyecto, para lo cual es necesario considerar las propuestas de autores como de Neuville y Stafford (1991) quienes plantean la forma de medir y hacer equivalentes flujos de costos y beneficios a lo largo del tiempo.

3.10 Estimación de beneficios del proyecto a lo largo de su vida útil.

Se realiza por diferencias en la interacción sin proyecto e interacción con proyecto a lo largo de la vida útil esperada del proyecto. Se hace a partir de la definición de la extensión a la que van a estimarse los beneficios. Para proyectos carreteros de libre acceso con financiamiento público, se estima en función de los ahorros en costos por tiempo ahorrado de las personas y ahorros en la operación vehicular. En proyectos carreteros de acceso restringido o de cuota se estima en función de los ingresos producidos. En ambos casos la valoración se hace en términos monetarios

3.11 Cálculo de indicadores de rentabilidad.

Los indicadores de rentabilidad de un proyecto de infraestructura acuerdo a los LINEAMIENTOS PARA LA ELABORACIÓN Y PRESENTACIÓN DE LOS ANÁLISIS COSTO Y BENEFICIO DE LOS PROGRAMAS Y PROYECTOS DE INVERSIÓN de la SHCP (2013) y a autores como Coss Bu (2005) son el Valor Presente Neto (VPN), la Tasa Interna de Rendimiento TIR.

La fórmula para el cálculo del Valor Presente Neto es: $VPN = \sum_{t=0}^{t=n} \frac{B_t - C_t}{(1+r)^t}$ Donde: Bt son los beneficios totales en el año t, Ct son los costos totales en el año t, Bt-Ct flujo neto en el año t, n número de años del horizonte de evaluación, r es la tasa social de descuento, t año calendario, en donde el año 0 será el inicio de las erogaciones.

La TIR es la tasa de actualización que hace que la suma de los beneficios actualizados sea igual a la suma de los costos actualizados por lo que se puede calcular con la fórmula anterior en la cual el VPN se iguala a cero y de ahí se calcula el valor de la tasa de actualización con la que ese valor ocurre.

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

3.12 Matriz de Marco Lógico.

La Matriz de Marco Lógico es una herramienta que permite ubicar la importancia de un proyecto en un contexto más amplio a los solos efectos directos del mismo y plantea la necesidad de señalar la contribución del proyecto a fines superiores, así como de identificar los componentes del proyecto y sus medidas de desempeño, pero también las formas de verificación de ellas. Es

una herramienta que permite hacer seguimiento a los propósitos generales y específicos del proyecto y validar su cumplimiento a lo largo de la vida útil del mismo.

4. Caso de estudio “Mejoramiento y ampliación de la carretera estatal Km 41.6 de la carretera Toluca-Palmillas a Jilotepec Corrales límites del Estado de México con el Estado de Hidalgo: Estudio Costo beneficio”

4.1 Caracterización de la zona de estudio

4.1.1 Ubicación geográfica dentro del entorno estatal

El camino en estudio tiene su inicio cinco kilómetros al norte de la cabecera del municipio de Ixtlahuaca sobre la carretera de cuota Toluca Atlacomulco y termina en el entronque con la autopista México Querétaro en las inmediaciones de la cabecera municipal de Jilotepec, conectando los municipios de Ixtlahuaca, San Bartolo Morelos, Atlacomulco, Soyaniquilpan, Villa del Carbón, Timilpan y Chapa de Mota, Figura 1.

Figura 1. Zona de estudio y ubicación del proyecto



Carretera Km 41.6 Toluca-Palmillas-Jilotepec Tomado del ESTUDIO COSTO BENEFICIO DEL PROYECTO MEJORAMIENTO Y AMPLIACIÓN A 4 CARRILES DE LA CARRETERA ESTATAL QUE VA DEL KM 41.6 DE LA CARRETERA TOLUCA PALMILLAS A JILOTEPEC CORRALES LÍMITES DE MÉXICO CON HIDALGO

4.1.2 Tamaño de la población

Para el año de 2010 los municipios de la región que se encuentran en el área de influencia del camino y que tienen comunicación terrestre directa con la vía en estudio, reportaron las siguientes cifras en materia de población:

Municipio	Población
Atlacomulco	93718
Chapa de Mota	27551
Ixtlahuaca	141482
Jilotepec	83755
Jocotitlán	61204
Morelos	28426
Soyaniquilpan	11798
Timilpan	15391
Villa del Carbón	44881

Censo de Población y Vivienda. Inegi 2010

4.1.3 Actividades económicas

Respecto de las principales actividades económicas de los municipios de la región, a continuación se reportan las mismas de manera resumida:

En el año 2003, la Macro Región II Norte del Estado de México registró un total de 29 unidades económicas dentro del sector primario en las cuales se ocuparon 1360 personas, en el sector secundario fueron registradas 10 mil 515 unidades económicas en las cuales se ocuparon 13 mil 868 persona y en el sector terciario se registraron 36 mil 096 unidades económicas con 37mil 633 personas, lo cual muestra que más de la mitad de la PEA (67.1%) se ocupa en las actividades terciarias en menor proporción (24.7%) a las secundarias y apenas un 0.2% a las actividades primarias.

Cabe señalar que esta tendencia de concentración en las actividades secundarias y terciarias se debe a la localización de la industria manufacturera en la región, específicamente en los municipios de Atlacomulco y Jilotepec, asimismo la tendencia a la concentración en el tercer sector como resultado de la reconversión de actividades económicas, además de que algunos municipios de la región son lugares de paso para llegar a otros estados como Querétaro, Michoacán, lo cual favorece dichas actividades

4.2 Condiciones de la oferta

4.2.1 Red de carreteras existente

En materia de infraestructura vial, el municipio de Jilotepec se compone de cuatro tipos de vialidades. En primer término, tenemos la autopista México – Querétaro, que permite la accesibilidad a otros Estados en la parte norte y que enlaza al Municipio con el Estado de Querétaro, y la Ciudad de México. Figura 1.

Las vías interregionales, tienen la función de conectar al municipio con otros aledaños, dentro de ellas encontramos a la prolongación Lic. Andrés Molina Enríquez que enlaza al municipio de Jilotepec con el municipio de San Francisco Soyaniquilpan; el libramiento Antonio Huitrón que en su prolongación se enlaza con la carretera a Ixtlahuaca – Toluca y al entroncarse con la carretera estatal No. 11 vincula indirectamente al municipio con Chapa de Mota; y también permite la comunicación con el municipio de Tepeji del Río.

Además, existe una vialidad intramunicipal que permite la comunicación entre la cabecera municipal y el resto de las localidades ubicadas al norte de la misma. Esta vialidad comunica con Canalejas y se sigue hacia el norte pasando por Calpulalpan y Acazuchitlán rumbo Maravillas (Hidalgo).

La carretera Ixtlahuaca Jilotepec sirve para dar conexión a la parte centro del Estado de México y al tránsito que en esa parte se genera, con la cabecera municipal de Jilotepec y hacia los Estados de Hidalgo y Querétaro, sirviendo como eje estructurador del tránsito que se origina en los municipios aledaños. Sin embargo el hecho de que actualmente sea una carretera de dos carriles solamente genera que, dada la geometría con frecuentes curvas verticales, el tránsito se vuelva lento cuando hay incorporación de vehículos de carga, lo que no la hace una alternativa muy atractiva para el tránsito de largo recorrido.

4.2.2 Características físicas y geométricas de la vialidad de análisis

La carretera en análisis en la actualidad consta de una longitud de 58 kilómetros con una sección para dos carriles de 5 metros cada uno sin acotamientos con una superficie de rodamiento en condiciones medias con un índice de rugosidad estimado en 6 unidades, con curvas horizontales con una curvatura promedio de 57.04 grados kilómetro y con una pendiente promedio de -1.60 y +2.44.



Figura 2. Imagen de condiciones de la carretera Km 41.6 Toluca Palmillas-Jilotepec

4.3 Condiciones de la demanda actual

La zona de análisis es la constituida por la propia carretera que va desde el Km 41,6 carretera Toluca Palmillas hasta la cabecera municipal de Jilotepec y a los límites con el Estado de

Hidalgo. La mencionada carretera se analiza por tramos en función de la ubicación de sus entronques con la carretera de cuota Toluca Atlacomulco, con la carretera libre Toluca Atlacomulco, con la carretera Atlacomulco Villa del Carbón, con la carretera a Timilpan, con la carretera a Chapa de Mota, en el libramiento de la cabecera municipal de Jilotepec y a la salida hacia la autopista México Querétaro.

4.3 Conteos de tránsito y clasificación vehicular

De acuerdo a las estaciones localizadas en las intersecciones que se muestran en la figura 7 los volúmenes de tránsito en términos del Tránsito Diario Promedio Anual (TDPA) y su clasificación respectiva se encuentran en la figura 3 y la tabla

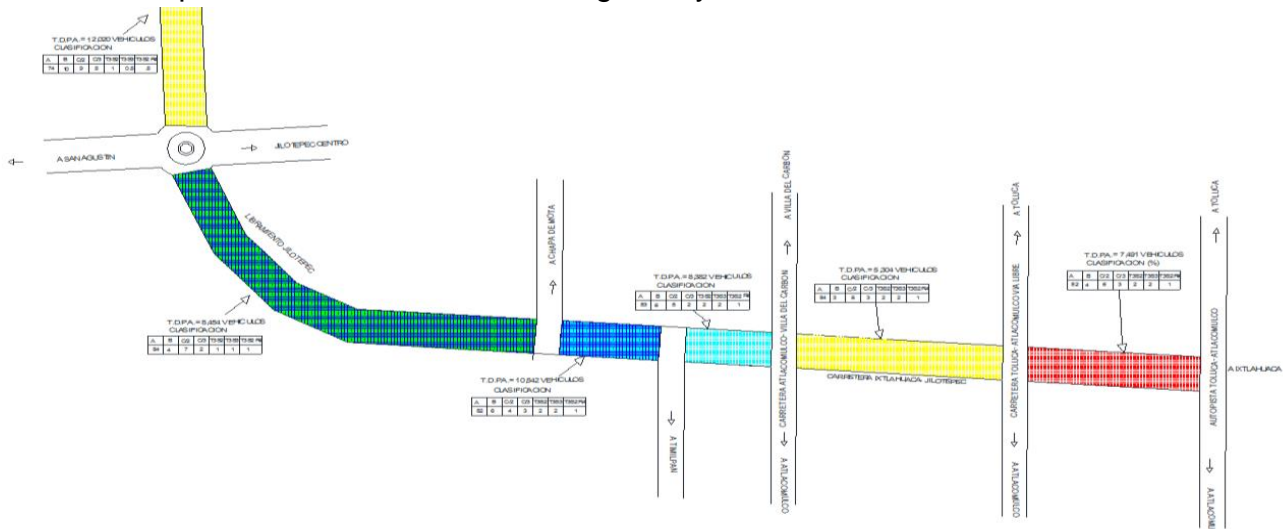


Figura 3 Puntos de aforo vehicular para el estudio costo beneficio de la carretera Km 41.6 Toluca Palmillas-Jilotepec

Tramo en la Carretera en estudio	TDPA	A %	B %	C/2 %	C/3 %	T3S2 %	T3S3 %	T3S2R4 %
Entre Autopista Toluca Atlacomulco y Carretera libre Toluca Atlacomulco.	7491	82	4	6	3	2	2	1
Entre Carretera libre Toluca Atlacomulco y Carretera Atlacomulco Villa Del Carbón.	5304	84	3	5	3	2	2	1
Entre Carretera Atlacomulco Villa Del Carbón y Carretera a Timilpan.	8382	83	6	5	2	2	2	1
Entre Carretera a Timilpan y Carretera a Chapa de Mota.	10542	82	6	4	3	2	2	1
Entre carretera a Chapa de Mota y Libramiento Jilotepec.	8454	84	4	7	2	1	1	1

Entre Libramiento Jilotepec y Autopista México Querétaro.	12020	74	10	9	5	1	0.5	0.5
---	-------	----	----	---	---	---	-----	-----

Tabla 1. Tránsito diario promedio anual y clasificación vehicular en puntos de aforo para el estudio costo beneficio de la carretera Km 41.6 Toluca Palmillas-Jilotepec

En este caso, el estudio de la demanda, como en proyectos de ingeniería civil en los cuales existen estándares sobre suministro de un servicio, permite verificar si al tipo de infraestructura existente es escaso, apropiado o excesivo. Para el caso de estudio, si se considera el promedio de los tramos estudiados, se tiene un TDPA de 8034 vehículos hasta la cabecera municipal de Jilotepec, lo que plantea la necesidad de un camino con especificaciones más altas a las del camino existente.

4.4 Interacción entre la oferta y la demanda en la situación actual

Para proyectos carreteros la interacción entre las condiciones de la oferta y el volumen y tipo vehicular de la demanda, se expresa típicamente en términos de la velocidad de recorrido de los vehículos lo que trae asociados costos por operación y tiempo de los mismos vehículos y de los usuarios respectivamente.

4.4.1 Velocidades y tiempos de viaje

La determinación de las velocidades de recorrido se puede realizar por medio de diversas técnicas entre las que se encuentran la del vehículo flotante o la lectura de placas de identificación vehicular, las que se aplican según las disponibilidades de recursos. En las tablas 2,3 y 4 se muestran las velocidades obtenidas para diferentes tipos de vehículos.

CARRETERA:	IXTLAHUACA - JILOTEPEC	TRAMO:	KM 0+000 IXTLAHUACA - KM 68+300 JILOTEPEC
RECORRIDO:	No 3	SENTIDO DE:	IXTLAHUACA A JILOTEPEC
VEHÍCULO:	TRAILER	FECHA:	7 de Noviembre de 2012
CLIMA:	CÁLIDO		

No.	TRAMO		DISTANCIA M	TIEMPO INICIAL			TIEMPO FINAL			DIFERENCIA			TIEMPO SEG	FACTOR CONVERSIÓN	VELOCIDAD KM/H	OBSERVACIÓN
	DE KM	A KM		HR	MIN	SEG	HR	MIN	SEG	HR	MIN	SEG				
1	0+000.00	5+000.00	5,000.00	0	0	0	0	7	45	0	7	45	465	3.6	38.71	
2	5+000.00	10+000.00	5,000.00	0	7	45	0	15	20	0	8	-25	455	3.6	39.56	
3	10+000.00	15+000.00	5,000.00	0	15	20	0	21	10	0	6	-10	350	3.6	51.43	
4	15+000.00	20+000.00	5,000.00	0	21	10	0	27	33	0	6	23	383	3.6	47.00	
5	20+000.00	25+000.00	5,000.00	0	27	33	0	33	26	0	6	-7	353	3.6	50.99	
6	25+000.00	30+000.00	5,000.00	0	33	26	0	39	28	0	6	2	362	3.6	49.72	
7	30+000.00	35+000.00	5,000.00	0	39	28	0	45	26	0	6	-2	358	3.6	50.28	
8	35+000.00	40+000.00	5,000.00	0	45	26	0	53	17	0	8	-9	471	3.6	38.22	
9	40+000.00	45+000.00	5,000.00	0	53	17	0	58	49	0	5	32	332	3.6	54.22	
10	45+000.00	50+000.00	5,000.00	0	58	49	0	65	38	0	7	-11	409	3.6	44.01	
11	50+000.00	55+000.00	5,000.00	0	65	38	0	72	29	0	7	-9	411	3.6	43.80	
12	55+000.00	60+000.00	5,000.00	0	72	29	0	77	23	0	5	-6	294	3.6	61.22	
13	60+000.00	65+000.00	5,000.00	0	77	23	0	85	46	0	8	23	503	3.6	35.79	
14	65+000.00	68+300.00	3,300.00	0	85	46	0	93	18	0	8	-28	452	3.6	26.28	
T O T A L			68,300.00										5598	3.6	43.92	

Tabla 2. Tiempos de recorrido para vehículos tipo TS 2. Estudio costo beneficio de la carretera Km 41.6 Toluca Palmillas-Jilotepec

CARRETERA:	IXTLAHUACA - JILOTEPEC	TRAMO:	KM 0+000 IXTLAHUACA - KM 68+300 JILOTEPEC
RECORRIDO:	No 1	SENTIDO DE:	IXTLAHUACA A JILOTEPEC
VEHÍCULO:	NISSAN	FECHA:	7 de Noviembre de 2012
CLIMA:	CÁLIDO		

No.	TRAMO		DISTANCIA M	TIEMPO INICIAL			TIEMPO FINAL			DIFERENCIA			TIEMPO SEG	FACTOR CONVERSIÓN	VELOCIDAD KM/H	OBSERVACIÓN
	DE KM	A KM		HR	MIN	SEG	HR	MIN	SEG	HR	MIN	SEG				
1	0+000.00	5+000.00	5,000.00	0	0	0	0	5	30	0	5	30	330	3.6	54.55	
2	5+000.00	10+000.00	5,000.00	0	5	30	0	8	59	0	3	29	209	3.6	86.12	
3	10+000.00	15+000.00	5,000.00	0	8	59	0	12	32	0	4	-27	213	3.6	84.51	
4	15+000.00	20+000.00	5,000.00	0	12	32	0	16	11	0	4	-21	219	3.6	82.19	
5	20+000.00	25+000.00	5,000.00	0	16	11	0	20	21	0	4	10	250	3.6	72.00	
6	25+000.00	30+000.00	5,000.00	0	20	21	0	26	1	0	6	-20	340	3.6	52.94	
7	30+000.00	35+000.00	5,000.00	0	26	1	0	30	14	0	4	13	253	3.6	71.15	
8	35+000.00	40+000.00	5,000.00	0	30	14	0	34	45	0	4	31	271	3.6	66.42	
9	40+000.00	45+000.00	5,000.00	0	34	45	0	38	22	0	4	-23	217	3.6	82.95	
10	45+000.00	50+000.00	5,000.00	0	38	22	0	42	54	0	4	32	272	3.6	66.18	
11	50+000.00	55+000.00	5,000.00	0	42	54	0	47	2	0	5	-52	248	3.6	72.58	
12	55+000.00	60+000.00	5,000.00	0	47	2	0	51	46	0	4	44	284	3.6	63.38	
13	60+000.00	65+000.00	5,000.00	0	51	46	0	55	43	0	4	-3	237	3.6	75.95	
14	65+000.00	68+300.00	3,300.00	0	55	43	0	59	49	0	4	6	246	3.6	48.29	
T O T A L			68,300.00										3589	3.6	68.51	

Tabla 3 Tiempos de recorrido para vehículos ligeros. Estudio costo beneficio de la carretera Km 41.6 Toluca Palmillas-Jilotepec

CARRETERA:	IXTLAHUACA - JILOTEPEC	TRAMO:	KM 0+000 IXTLAHUACA - KM 68+300 JILOTEPEC
RECORRIDO:	No 2	SENTIDO DE:	IXTLAHUACA A JILOTEPEC
VEHÍCULO:	AUTOBUS	FECHA:	7 de Noviembre de 2012
CLIMA:	CÁLIDO		

No.	TRAMO		DISTANCIA M	TIEMPO INICIAL			TIEMPO FINAL			DIFERENCIA			TIEMPO SEG	FACTOR CONVERSIÓN	VELOCIDAD KM/H	OBSERVACIÓN
	DE KM	A KM		HR	MIN	SEG	HR	MIN	SEG	HR	MIN	SEG				
1	0+000.00	5+000.00	5,000.00	0	0	0	0	7	12	0	7	12	432	3.6	41.67	
2	5+000.00	10+000.00	5,000.00	0	7	12	0	13	51	0	6	39	399	3.6	45.11	
3	10+000.00	15+000.00	5,000.00	0	13	51	0	19	14	0	6	-37	323	3.6	55.73	
4	15+000.00	20+000.00	5,000.00	0	19	14	0	25	37	0	6	23	383	3.6	47.00	
5	20+000.00	25+000.00	5,000.00	0	25	37	0	31	18	0	6	-19	341	3.6	52.79	
6	25+000.00	30+000.00	5,000.00	0	31	18	0	37	26	0	6	8	368	3.6	48.91	
7	30+000.00	35+000.00	5,000.00	0	37	26	0	43	21	0	6	-5	355	3.6	50.70	
8	35+000.00	40+000.00	5,000.00	0	43	21	0	48	52	0	5	31	331	3.6	54.38	
9	40+000.00	45+000.00	5,000.00	0	48	52	0	54	23	0	6	-29	331	3.6	54.38	
10	45+000.00	50+000.00	5,000.00	0	54	23	0	59	26	0	5	3	303	3.6	59.41	
11	50+000.00	55+000.00	5,000.00	0	59	26	0	63	47	0	4	21	261	3.6	68.97	
12	55+000.00	60+000.00	5,000.00	0	63	47	0	67	42	0	4	-5	235	3.6	76.60	
13	60+000.00	65+000.00	5,000.00	0	67	42	0	72	32	0	5	-10	290	3.6	62.07	
14	65+000.00	68+300.00	3,300.00	0	72	32	0	78	37	0	6	5	365	3.6	32.55	
T O T A L			68,300.00										4717	3.6	52.13	

Tabla 4 Tiempos de recorrido para vehículos tipo autobús. Estudio costo beneficio de la carretera Km 41.6 Toluca Palmillas-Jilotepec

4.4.2 Costos generalizados de viaje

De acuerdo con diversos autores como Mackie y Nellthorp (2001) los costos generalizados de viaje se obtienen de considerar los diversos costos en los que incurren los usuarios los que para nuestro caso se refieren por una parte los costos de operación vehicular y por otra los costos por tiempo de viaje de las personas que van a bordo de los diferentes tipos de vehículos

4.4.3 Costos de operación vehicular

Respecto de los costos de operación vehicular, en las condiciones actuales, se tiene que dicho costo se obtiene mediante la aplicación del software Vocmex, costo que se expresa en términos de costo por vehículo kilómetro, el cual para los distintos tipos de vehículos tiene los valores que se muestran en la tabla 5.

Sentido/Tipo	A	B	C2	C3	T3S2	T3S3	T3S2R4
Km41.6- Jilotepec	4018	181214	14619	13810	16443	21119	28722
Jilotepec- Km41.6	3896	15769	13245	11171	13669	16913	23001
Promedio	3957	16946	13932	12491	15056	19016	25861

Tabla 5. Costos de operación vehicular por sentido en pesos por miles de vehículos km en situación sin proyecto. Estudio costo beneficio de la carretera Km 41.6 Toluca Palmillas-Jilotepec.

4.4.4 Costos por tiempo de viaje

Otro de los beneficios importantes considerado en la evaluación económica de proyectos de infraestructura vial de transporte es el ahorro en el tiempo de viaje de los usuarios. Para estimar tales beneficios, es necesario determinar el valor del tiempo de los usuarios, ya que a partir de su establecimiento se determinan los beneficios que por este concepto se obtendrán con el proyecto. Para el caso de estudio los valores determinados se muestran en la Tabla 6

TIEMPOS Y COSTOS PROMEDIO DE RECORRIDO SIN PROYECTO (HR)

CONCEPTO		A	B	C2	C3	T3S2	T3S3	T3S2R4
Tiempo de recorrido (hr)		1.14	1.12	1.34	1.32	1.35	1.35	1.36
Costo del Tiempo (\$/ Vehículo)	Pasajeros por trabajo	33.74	762.15	39.53	38.97	39.73	39.86	40.07
	Pasajeros por recreación	40.48	457.29	-	-	-	-	-
	Carga	-	-	214.59	373.94	551.54	774.57	1067.82

Tabla 6. Tiempo de recorrido y costos horarios por total de ocupantes por tipo de vehículo a precios de 2012. Estudio costo beneficio de la carretera Km 41.6 Toluca Palmillas-Jilotepec.

4.5. Definición del proyecto.

Con base en los aforos realizados en los diferentes puntos a lo largo de la trayectoria de la carretera en sus condiciones actuales, se obtiene el Tránsito Diario Promedio Anual existente,

a partir del cual se puede realizar una extrapolación a un horizonte determinado, con una tasa de crecimiento que es la generalmente observada en caminos en la región en estudio, en este caso del 3%. Con esa base se tienen los resultados en cuanto a vehículos esperados en los próximos veinte años posteriores al tiempo de construcción del proyecto que se estima en dos años. Los valores esperados en la situación actual son los que se muestran en la Tabla 7.

Tránsito diario promedio anual por tipo de vehículo sin proyecto

Año	TDPA	A	B	C/2	C/3	T352	T353	T3S2R4
0	8698	7089	478	536	246	144	137	797
1	8959	7302	493	552	254	149	142	821
2	9228	7521	508	568	261	153	146	845
3	9505	7746	523	585	269	158	150	871
4	9790	7979	538	603	277	163	155	897
5	10083	8218	555	621	285	167	159	924
6	10386	8464	571	640	294	172	164	951
7	10697	8718	588	659	303	178	169	980
8	11018	8980	606	679	312	183	174	1009
9	11349	9249	624	699	321	188	179	1040
10	11689	9527	643	720	331	194	185	1071
11	12040	9813	662	742	341	200	190	1103
12	12401	10107	682	764	351	206	196	1136
13	12773	10410	703	787	361	212	202	1170
14	13157	10723	724	810	372	218	208	1205
15	13551	11044	745	835	383	225	214	1241
16	13958	11376	768	860	395	232	221	1279
17	14376	11717	791	886	407	239	227	1317
18	14808	12068	814	912	419	246	234	1356
19	15252	12430	839	940	432	253	241	1397
20	15710	12803	864	968	445	261	248	1439
21	16181	13187	890	997	458	269	256	1482
22	16666	13583	917	1027	472	277	263	1527

Tabla 7 Volúmenes esperados de Tránsito en la situación actual. Estudio costo beneficio de la carretera Km 41.6 Toluca Palmillas-Jilotepec

Con base en los valores de TDPA obtenidos en la tabla anterior es posible proponer el tipo de camino que de acuerdo a las normas de la SCT es el adecuado a ese volumen de tránsito. Una hoja resumen que asocia el TDPA con tipo de camino y sus características se muestra en la Tabla 8. En ella es posible observar que el volumen de TDPA proyectado se asocia genéricamente con un camino tipo A y específicamente con uno tipo A4S.

CONCEPTO		UNIDAD	TIPO DE CARRETERA															
			E			D			C			B			A			
TDPA en el horizonte de proyecto		Veh/día	Hasta 100			100 a 500			500 a 1500			1500 a 3000			Mas de 3000			
TERRENO	Montañoso	-----	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Lomerío		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Plano		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Velocidad de proyecto		Km/hr	30	40	50	60	70	80	90	100	30	40	50	60	70	80	90	100
Distancia de visibilidad de parada		m	30	40	55	75	95	135	155	30	40	55	75	95	135	155	175	175
Distancia de visibilidad de rebase		m	-	-	-	-	-	135	155	-	-	-	-	-	180	225	270	270
Grado máximo de curvatura		°	60	30	17	11	7.5	60	32.5	60	30	17	11	7.5	60	32.5	27.5	27.5
CURVAS VERTICALES	K	Cresta	m / %			m / %			m / %			m / %			m / %			
		Columpio	m / %			m / %			m / %			m / %			m / %			
	Longitud mínima	m			m			m			m			m				
Pendiente gobernadora		%	9			8			6			5			4			
Pendiente máxima		%	13			12			8			7			6			
Longitud crítica		m	Ver tabla long. crítica			Ver tabla long. crítica			Ver tabla long. crítica			Ver tabla long. crítica			Ver tabla long. crítica			
Ancho de calzada		m	4.0			6.0			6.0			7.0			A2 7.0 10car 120 m c/serp			
Ancho de corona		m	4.0			6.0			6.0			7.0			A4 1x7.0 10car ≥230 m c/serp			
Ancho de acotamientos		m	-			-			0.5			1.0			A48 1x7.0 10car 30ext 0.5m			
Ancho de faja separadora central		m	-			-			-			-			30ext 1.0m			
Bombeo		%	3			3			2			2			2			
Sobreelevación máxima		%	10			10			10			10			10			
Sobre elevaciones para grados menores al máximo		%	Ver tabla			Ver tabla			Ver tabla			Ver tabla			Ver tabla			
Ampliaciones y longitudes mínimas de transiciones		m	Ver tabla			Ver tabla			Ver tabla			Ver tabla			Ver tabla			

www.construaprende.com

Tabla 8. Clasificación de carreteras de acuerdo al TDPA. Tomada de construaprende.com

4.6 Condiciones de la oferta en situación con proyecto.

Las características específicas de la oferta de acuerdo al tipo de camino seleccionado se muestran en la Figura 4.

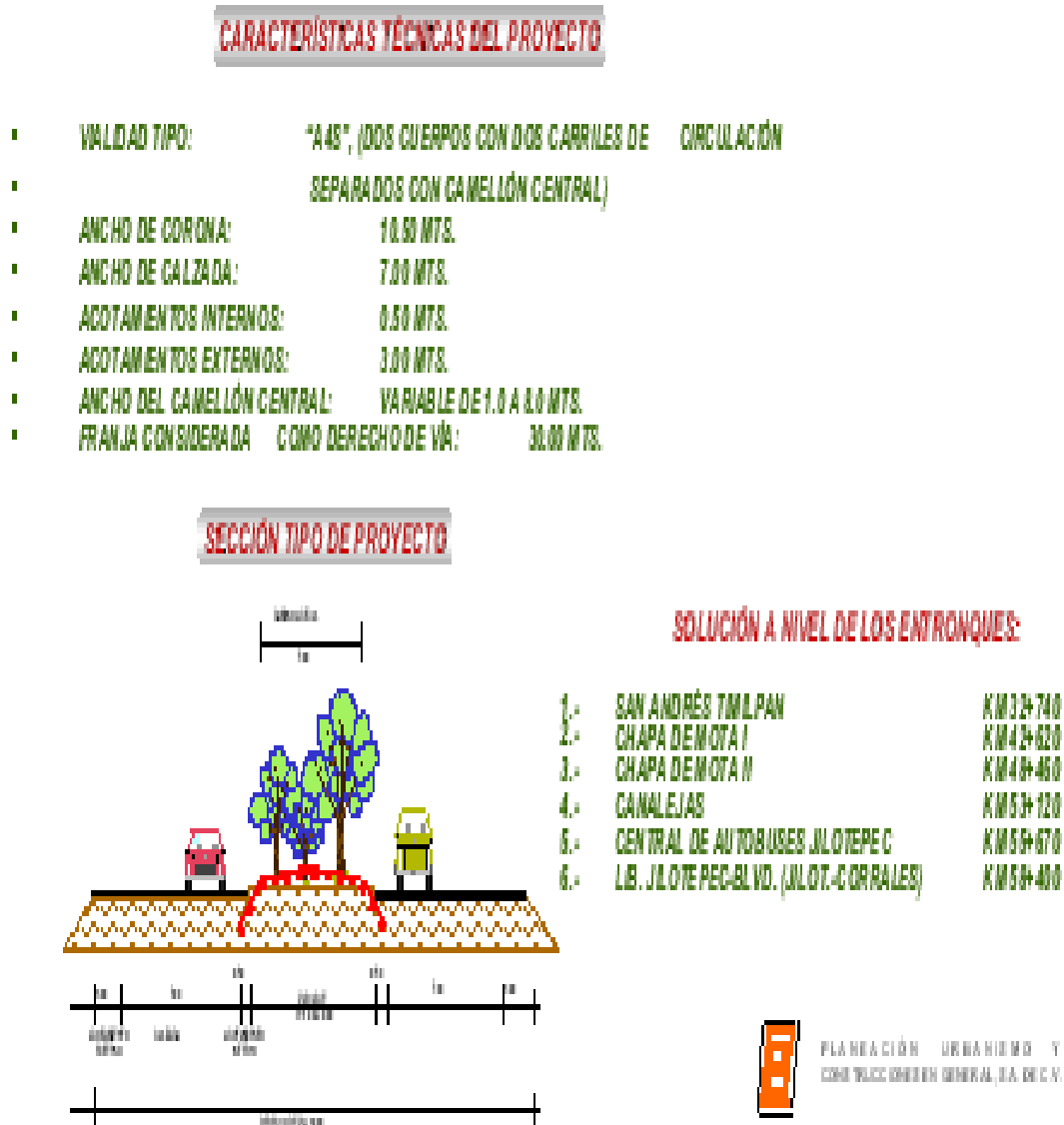


Figura 4. Esquema y características de la sección propuesta para el camino carretera Km 41.6 Toluca Palmillas-Jilotepec.

Los costos de construcción y conservación asociados con el proyecto descrito en la parte previa se determinaron a partir del catálogo de conceptos en el que se incluyen todos los aspectos que deben considerarse en la ejecución de un proyecto carretero como el que se evalúa. Dicho catalogo contempla los siguientes conceptos principales, los cuales dieron lugar al presupuesto

respectivo de la obra considerando la longitud total del camino de 58.5 kilómetros con adecuación de entronques con un costo total a precios de 2012 arroja una cantidad de \$686'398,522.00. Este monto se considera se ejercería durante tres años en montos iguales. Adicionalmente se consideraron las acciones de conservación en los siguientes términos: rutinaria anual a razón de \$100000.00 km, periódica cada tres años a razón de 350000.00 km, rehabilitación cada cinco años a razón de 1500000.00 km y reconstrucción cada diez años a razón de 3000000.00 km de dos carriles.

4.7 Condiciones de la demanda en situación con proyecto

Bajo las condiciones de proyecto descritas en el inciso anterior, la asignación vehicular estaría dada por las siguientes componentes: la del tránsito existente; el tránsito generado por la disponibilidad del camino mejorado; el tránsito atraído que siguiendo otras rutas preferiría, en las nuevas condiciones, el camino en estudio y que para este caso puede ser muy relevante, ya que los vehículos que van hacia el norte del Estado con destino a Querétaro y Estados del norte del país, por las carreteras libre y de cuota Toluca Atlacomulco preferirían la utilización de esta nueva ruta de mejores especificaciones y libre de costo; el tránsito inducido que será el que se genere en los municipios de la región por las mayores facilidades de tránsito.

4.7.1 Crecimiento de la demanda a lo largo del horizonte de planeación.

Con base en las definiciones establecidas en los párrafos precedentes es posible calcular los volúmenes vehiculares para cada uno de los años del horizonte de evaluación considerado, los cuales se muestran en la tabla siguiente en la cual se aprecia que en los primeros tres años el tránsito sigue su crecimiento normal ya que los carriles adicionales se construirán a los lados de los existentes y es a partir del año 3 que corresponde al primero de operación donde se presenta al tránsito adicional, lo que se muestra en la Tabla 9.

Año	TDPA	A	B	C2	C3	T352	T353	T3S2R4
0	8698	7089	478	536	246	144	137	80
1	8959	7302	493	552	254	149	142	82
2	9228	7521	508	568	261	153	146	85
3	12919	10529	711	796	366	214	204	118
4	13306	10845	732	820	377	221	210	122
5	13706	11170	754	844	388	228	217	126
6	14117	11505	776	870	400	234	223	129
7	14540	11850	800	896	411	241	230	133
8	14976	12206	824	923	424	249	237	137
9	15426	12572	848	950	437	256	244	141
10	15888	12949	874	979	450	264	251	146
11	16365	13338	900	1008	463	272	259	150
12	16856	13738	927	1038	477	280	266	154
13	17362	14150	955	1069	491	288	274	159
14	17883	14574	984	1102	506	297	283	164
15	18419	15012	1013	1135	521	306	291	169
16	18972	15462	1043	1169	537	315	300	174
17	19541	15926	1075	1204	553	324	309	179
18	20127	16404	1107	1240	570	334	318	184
19	20731	16896	1140	1277	587	344	328	190
20	21353	17403	1174	1315	604	354	337	196
21	21993	17925	1210	1355	622	365	347	201
22	22653	18462	1246	1395	641	376	358	208

Tabla 9. Cálculo del TDPA a lo largo de la vida útil del proyecto. Estudio costo beneficio de la carretera Km 41.6 Toluca Palmillas-Jilotepec

4.8 Interacción entre la oferta y la demanda en situación con proyecto

4.8.1 Velocidades de circulación

Las velocidades de operación con el nuevo proyecto de acuerdo a las características físicas del mismo son de 85 Km/h para automoviles, 60Km/h para autobuses y 50Km/h para camiones de alto tonelaje.

4.8.2 Costos generalizados de viaje en situación con proyecto

Bajo los mismos criterios con que se calcularon los costos generalizados de viaje para la situación sin proyecto, se procede en este apartado a calcular dichos costos para la situación con proyecto.

4.8.3 Costos de operación vehicular en situación con proyecto

Con base en los datos de proyecto de características geométricas del camino en lo que se refiere a número de carriles e índice de rugosidad, mediante la aplicación del software Vocmex se obtienen los datos de costos de operación para los diferentes tipos de vehículos que se muestran en la tabla 10.

Sentido/Tipo	A	B	C2	C3	T3S2	T3S3	T3S2R4
Km41.6-Jilotepec	3397	16120	12597	12644	14883	19115	25996
Jilotepec-Km41.6	3260	13626	10759	9484	11969	15372	20906
Promedio	3329	14873	11678	11064	13426	17424	23452

Tabla 10 Costos de operación por cada 1000 vehículos Km por tipo de vehículo en situación con proyecto. Estudio costo beneficio de la carretera Km 41.6 Toluca Palmillas-Jilotepec

4.8.4 Costos de tiempo de viaje en situación con proyecto

Bajo las mismas consideraciones hechas para el cálculo del tiempo de viaje en situación sin proyecto, se procedió a calcular el tiempo y costo de viaje en situación con proyecto obteniéndose los resultados que se muestran en la tabla 11.

TIEMPOS Y COSTOS PROMEDIO DE RECORRIDO CON PROYECTO (HR)

CONCEPTO		A	B	C2	C3	T3S2	T3S3	T3S2R4
Tiempo de recorrido (hr)		0.70	0.78	1.00	0.98	1.08	1.19	1.20
Costo del Tiempo (\$/ Vehículo)	Pasajeros por trabajo	20.57	530.73	29.44	28.78	31.91	35.18	35.37
	Pasajeros por recreación	24.69	318.44	-	-	-	-	0.00
Carga		-	-	159.79	276.17	442.99	683.75	942.62

Tabla 11 Costos por tiempo de recorrido por tipo de vehículo. Estudio costo beneficio de la carretera Km 41.6 Toluca Palmillas-Jilotepec

4.9 Definición de los criterios de extensión, valoración y homogeneidad.

De acuerdo al Manual de Proyectos de Desarrollo Económico CEPAL (1958) y para este caso la extensión de los costos será la de aquellos directamente atribuibles a la construcción y conservación del proyecto y los beneficios aquellos obtenidos por los usuarios del camino por ahorro en tiempo de viaje y en costos de operación vehicular. La valoración se hará en unidades monetarias de México es decir tanto los costos como los beneficios se expresarán en pesos mexicanos. La homogeneidad se realizará por medio de tasas de actualización que será del 12% como tasa social de descuento para el cálculo del VPN y de la TRI.

4.10 Cálculo de los beneficios esperados del proyecto

4.10.1 Beneficios por costos de operación. En la tabla 12 se muestran los cálculos de los ahorros en costos de operación vehicular por tipo de vehículo para cada año de vida del proyecto

Cálculo de beneficios por tipo de vehículo y totales en costos de operación

Año	A	B	C2	C3	T3S2	T3S3	T3S2R4	Totales
0								
1								
2								
3	152,238,129	33,967,242	41,364,989	12,031,193	8,061,094	7,493,737	65,740,130	320,896,513
4	156,805,273	34,986,259	42,605,938	12,392,129	8,302,927	7,718,549	67,712,334	330,523,409
5	161,509,431	36,035,847	43,884,117	12,763,893	8,552,015	7,950,105	69,743,704	340,439,111
6	166,354,714	37,116,922	45,200,640	13,146,810	8,808,575	8,188,609	71,836,015	350,652,284
7	171,345,355	38,230,430	46,556,659	13,541,214	9,072,832	8,434,267	73,991,096	361,171,853
8	176,485,716	39,377,342	47,953,359	13,947,450	9,345,017	8,687,295	76,210,829	372,007,008
9	181,780,287	40,558,663	49,391,960	14,365,874	9,625,368	8,947,914	78,497,154	383,167,219
10	187,233,696	41,775,423	50,873,719	14,796,850	9,914,129	9,216,351	80,852,068	394,662,235
11	192,850,707	43,028,685	52,399,930	15,240,755	10,211,553	9,492,842	83,277,630	406,502,102
12	198,636,228	44,319,546	53,971,928	15,697,978	10,517,899	9,777,627	85,775,959	418,697,165
13	204,595,315	45,649,132	55,591,086	16,168,917	10,833,436	10,070,956	88,349,238	431,258,080
14	210,733,174	47,018,606	57,258,819	16,653,985	11,158,439	10,373,084	90,999,715	444,195,823
15	217,055,169	48,429,164	58,976,583	17,153,605	11,493,192	10,684,277	93,729,707	457,521,697
16	223,566,825	49,882,039	60,745,881	17,668,213	11,837,988	11,004,805	96,541,598	471,247,348
17	230,273,829	51,378,500	62,568,257	18,198,259	12,193,128	11,334,949	99,437,846	485,384,769
18	237,182,044	52,919,856	64,445,305	18,744,207	12,558,922	11,674,998	102,420,981	499,946,312
19	244,297,505	54,507,451	66,378,664	19,306,533	12,935,689	12,025,248	105,493,611	514,944,701
20	251,626,431	56,142,675	68,370,024	19,885,729	13,323,760	12,386,005	108,658,419	530,393,042
21	259,175,224	57,826,955	70,421,125	20,482,301	13,723,473	12,757,585	111,918,171	546,304,833
22	266,950,480	59,561,764	72,533,758	21,096,770	14,135,177	13,140,313	115,275,717	562,693,978

Tabla 12 Beneficios por costos de operación por tipo de vehículo. Estudio costo beneficio de la carretera Km 41.6 Toluca Palmillas-Jilotepec

4.10.2 Beneficios por ahorro en tiempo de viaje. En la Tabla 13 se muestran los cálculos asociados a los ahorros por tiempo de viaje por tipo de vehículo.

Cálculo de beneficios por tipo de vehículo por tiempo de viaje

Año	A	B	C2	C3	T3S2	T3S3	T3S2R4	Totales
0								
1								
2								
3	57,864,806	58,843,188	20,531,883	15,692,039	9,922,461	7,749,707	61,123,519	231,727,603
4	59,600,750	60,608,483	21,147,839	16,162,800	10,220,135	7,982,198	62,957,225	238,679,431
5	61,388,773	62,426,738	21,782,275	16,647,684	10,526,739	8,221,664	64,845,941	245,839,814
6	63,230,436	64,299,540	22,435,743	17,147,115	10,842,541	8,468,314	66,791,320	253,215,008
7	65,127,349	66,228,526	23,108,815	17,661,528	11,167,818	8,722,363	68,795,059	260,811,458
8	67,081,169	68,215,382	23,802,080	18,191,374	11,502,852	8,984,034	70,858,911	268,635,802
9	69,093,604	70,261,843	24,516,142	18,737,115	11,847,938	9,253,555	72,984,678	276,694,876
10	71,166,413	72,369,699	25,251,626	19,299,229	12,203,376	9,531,162	75,174,219	284,995,723
11	73,301,405	74,540,790	26,009,175	19,878,205	12,569,477	9,817,097	77,429,445	293,545,594
12	75,500,447	76,777,013	26,789,450	20,474,552	12,946,561	10,111,610	79,752,329	302,351,962
13	77,765,461	79,080,324	27,593,134	21,088,788	13,334,958	10,414,958	82,144,899	311,422,521
14	80,098,424	81,452,733	28,420,928	21,721,452	13,735,007	10,727,407	84,609,245	320,765,197
15	82,501,377	83,896,315	29,273,556	22,373,095	14,147,057	11,049,229	87,147,523	330,388,152
16	84,976,418	86,413,205	30,151,762	23,044,288	14,571,469	11,380,706	89,761,949	340,299,797
17	87,525,711	89,005,601	31,056,315	23,735,617	15,008,613	11,722,127	92,454,807	350,508,791
18	90,151,482	91,675,769	31,988,005	24,447,685	15,458,871	12,073,791	95,228,451	361,024,055
19	92,856,027	94,426,042	32,947,645	25,181,116	15,922,638	12,436,004	98,085,305	371,854,776
20	95,641,708	97,258,823	33,936,074	25,936,549	16,400,317	12,809,085	101,027,864	383,010,420
21	98,510,959	100,176,588	34,954,156	26,714,646	16,892,326	13,193,357	104,058,700	394,500,732
22	101,466,288	103,181,886	36,002,781	27,516,085	17,399,096	13,589,158	107,180,461	406,335,754

Tabla 13. Beneficios por tiempo de viaje por tipo de vehículo. Estudio costo beneficio de la carretera Km 41.6 Toluca Palmillas-Jilotepec

4.11 Cálculo de indicadores de rentabilidad.

Con los beneficios calculados y los costos previstos de construcción y conservación más el de derechos de vía a razón de \$400 m2. En las tablas siguientes se presentan los cálculos para determinar el valor Presente Neto con una tasa de actualización del 12% y una segunda tabla en la que se calcula la Tasa Interna de Rendimiento del proyecto.

4.11.1 Cálculo del Valor Presente Neto para una Tasa de descuento del 12%

Año	Costos	Beneficios		Beneficios Totales	Tasa de actualización	Costos actualizados	Beneficios actualizados	TRI
		De operación	De tiempo de viaje		1.12			
0	693,185,474				1.00	693,185,474	0	
1	229,185,474				1.12	204,629,888	0	
2	229,185,474				1.25	182,705,257	0	
3	11,600,000	115,826,588	138,755,292	254,581,879	1.40	8,256,651	181,206,353	0.1601
4	11,600,000	119,301,385	142,917,951	262,219,336	1.57	7,372,010	166,645,128	0.1474
5	40,600,000	122,880,427	147,205,489	270,085,916	1.76	23,037,530	153,254,002	0.1205
6	11,600,000	126,566,840	151,621,654	278,188,493	1.97	5,876,921	140,938,948	0.1250
7	11,600,000	130,363,845	156,170,303	286,534,148	2.21	5,247,251	129,613,497	0.1151
8	174,000,000	134,274,760	160,855,412	295,130,173	2.48	70,275,682	119,198,127	0.0453
9	11,600,000	138,303,003	165,681,075	303,984,078	2.77	4,183,076	109,619,706	0.0976
10	11,600,000	142,452,093	170,651,507	313,103,600	3.11	3,734,890	100,810,980	0.0898
11	11,600,000	146,725,656	175,771,052	322,496,708	3.48	3,334,723	92,710,097	0.0827
12	348,000,000	151,127,425	181,044,184	332,171,609	3.90	89,322,932	85,260,179	-0.0038
13	11,600,000	155,661,248	186,475,509	342,136,758	4.36	2,658,421	78,408,914	0.0701
14	11,600,000	160,331,086	192,069,775	352,400,860	4.89	2,373,590	72,108,198	0.0645
15	40,600,000	165,141,018	197,831,868	362,972,886	5.47	7,417,468	66,313,789	0.0545
16	11,600,000	170,095,249	203,766,824	373,862,073	6.13	1,892,211	60,985,003	0.0547
17	11,600,000	175,198,106	209,879,829	385,077,935	6.87	1,689,474	56,084,422	0.0503
18	174,000,000	180,454,049	216,176,224	396,630,273	7.69	22,626,889	51,577,638	0.0268
19	11,600,000	185,867,671	222,661,510	408,529,181	8.61	1,346,839	47,433,006	0.0427
20	11,600,000	191,443,701	229,341,356	420,785,057	9.65	1,202,534	43,621,426	0.0393
21	11,600,000	197,187,012	236,221,596	433,408,608	10.80	1,073,691	40,116,132	0.0361
22	348,000,000	203,102,622	243,308,244	446,410,867	12.10	28,759,594	36,892,515	0.0075
						1,372,202,995	1,832,798,061	
						VPN=	460,595,066	
						B/C=	1.335661027	

Tabla 14 Cálculo del Valor Presente Neto. Estudio costo beneficio de la carretera Km 41.6 Toluca Palmillas-Jilotepec.

De los resultados mostrados en la tabla 14 se puede apreciar que el VPN tiene un valor positivo que permite concluir que el proyecto tiene un rendimiento superior a la tasa de actualización utilizada del 12%.

4.11.2 Cálculo de la Tasa Interna de rendimiento

Año	Costos	Beneficios Totales	TIR	Costos actualizados	Beneficios actualizados
			1.168		
0	693,185,474		1.00	693,185,474	0
1	229,185,474		1.17	196,220,440	0
2	229,185,474		1.36	167,996,952	0
3	11,600,000	254,581,879	1.59	7,279,968	159,771,370
4	11,600,000	262,219,336	1.86	6,232,849	140,894,273
5	40,600,000	270,085,916	2.17	18,677,202	124,247,519
6	11,600,000	278,188,493	2.54	4,568,787	109,567,589
7	11,600,000	286,534,148	2.97	3,911,633	96,622,103
8	174,000,000	295,130,173	3.46	50,235,012	85,206,136
9	11,600,000	303,984,078	4.05	2,867,295	75,138,972
10	11,600,000	313,103,600	4.73	2,454,876	66,261,251
11	11,600,000	322,496,708	5.52	2,101,777	58,432,439
12	348,000,000	332,171,609	6.45	53,984,009	51,528,606
13	11,600,000	342,136,758	7.53	1,540,640	45,440,466
14	11,600,000	352,400,860	8.79	1,319,041	40,071,644
15	40,600,000	362,972,886	10.27	3,952,605	35,337,152
16	11,600,000	373,862,073	12.00	966,880	31,162,043
17	11,600,000	385,077,935	14.01	827,808	27,480,226
18	174,000,000	396,630,273	16.37	10,631,097	24,233,419
19	11,600,000	408,529,181	19.12	606,798	21,370,224
20	11,600,000	420,785,057	22.33	519,519	18,845,317
21	11,600,000	433,408,608	26.08	444,793	16,618,730
22	348,000,000	446,410,867	30.46	11,424,487	14,655,216
				1,241,949,941	1,242,884,698
				B/C=	1.0008

Tabla 15. Cálculo de la Tasa Interna de Rendimiento. Estudio costo beneficio de la carretera Km 41.6 Toluca Palmillas-Jilotepec.

De los cálculos realizados en la Tabla 15 se advierte que la TIR tiene un valor de 16.8% lo que constituye un valor aceptable el cual debe compararse con el obtenido por otros proyectos de similares características para determinar su nivel de prelación de acuerdo a los recursos disponibles.

4.12 Matriz de marco lógico

Conforme a las características del proyecto la Matriz de Marco Lógico del mismo se presenta en los términos siguientes.

	Descripción	Indicadores	Medios de verificación	Supuestos
Propósito	Contribuir al desarrollo económico de la región	Nuevas unidades económicas, un mayor valor agregado regional y PIB per cápita de la región	Estadísticas económicas nacionales y estatales	Se mantiene el crecimiento económico
Objetivo	Ofrecer una mejor opción a mayor número de usuarios en términos de tiempo de recorrido en apoyo a las actividades económicas del centro y del norte de la entidad.	Número de usuarios, velocidades y tiempos de recorrido	Aforos vehiculares y estudios de tiempos de recorrido	Se construye en tiempo y forma el proyecto
Componente	Carriles actuales y adicionales de circulación	Condiciones de servicio	Índices de rugosidad	Se les da el mantenimiento requerido
Actividades	Adquisición de derecho de vía, licitación y contratación de la obra construcción	Programas de adquisiciones y de contratación	Presupuesto aprobado	Se liberan y se ejercen a tiempo los recursos.

Conclusiones

En esta monografía se ha presentado una versión sencilla de lo que constituye la evaluación de proyectos y de la forma en que comúnmente es aplicada a la determinación de la factibilidad de ejecución de un proyecto de infraestructura carretera en México.

Se planteó de la manera más simple posible el proceso de evaluación y los resultados que en cada uno de sus pasos permiten llegar a determinar el orden de prelación que un proyecto puede tener en el conjunto de opciones a las que pueden canalizarse los recursos monetarios de una dependencia pública o una empresa privada.

Sin embargo es preciso señalar que la evaluación de proyectos de infraestructura puede estar sujeta a la consideración de otros factores además de los aquí incluidos, que estarán dados por los criterios de evaluación que se adopten y en ese sentido es que conviene revisar referencias como Abelson (2005), Vickerman (2005) y en un enfoque más amplio a van Gigh (2007) y Parsons (2007).

Con relación a las conclusiones relativas al caso de estudio se puede señalar que en la zona norte del estado de México, se ha dado un incremento en carreteras de saltas especificaciones que comunican a la zona centro del país con el norte y occidente del mismo y recientemente con el Arco Norte una comunicación interestatal del centro del país. Esa evolución plantea la conveniencia de ampliar la red al interior de las regiones del estado de México, para propiciar un incremento en la actividad económica municipal.

Es en la lógica descrita en el párrafo anterior que la modernización del camino que va del Km 41.6 de la carretera Toluca Palmillas a la cabecera municipal de Jilotepec y límites con el estado de Hidalgo, constituye una opción para los fines de un mejor aprovechamiento de la red y para inducir el crecimiento económico.

Lo antes señalado se confirma por el hecho de que los indicadores calculados de rentabilidad de la inversión, presentan valores que permiten considerarla como socialmente rentable considerando además que no se presentan circunstancias técnicas, ambientales, legales o sociales que hagan previsible algún contratiempo en la ejecución del proyecto.

Referencias

1. Abelson P. (2005) Financing Transport Infrastructure: Public finance Issues. Handbook of Transport strategy policies and institutions. Elsevier Netherlands
2. Baca Urbina (2010) Evaluación de Proyectos. McGraw Hill México
3. CEPAL (1958) Manual de proyectos de desarrollo Económico. Naciones Unidas México
4. Coss Bu (2005) Análisis y evaluación de proyectos de inversión. Limusa México
5. De Neuville R. J. Stafford (1991) Systems analysis for engineers and managers McGraw Hill USA
6. Derek A. (2001) Economic Evaluation Projects. Institution of Chemical Engineers England
7. Fontaine E. (2008) Evaluación Social de Proyectos. Pearson Educación. Naucalpan de Juárez México.
8. Halpin D. R. Woodhead (1998) Construction Management Wiley USA
9. Hinojosa J.A. H. Alfaro (2000) Evaluación económico financiera de proyectos de inversión. Trillas México
10. Mackie P. J. Nellthorp (2001) Cost Benefit analysis in transport. Handbook of Transport Systems and Traffic Control. Pergamon Netherlands
11. Maggi R. (2005) Financing Transport Infrastructure. Handbook of Transport strategy policies and institutions. Elsevier Netherlands.
12. Parsons W. (2007) Políticas Públicas Flacso Miño y Dávila editores Argentina
13. Rossi P. M. Lipsey H. Freeman (2004) Evaluation: A systematic approach SAGE USA
14. Sapag N. (2007) Proyectos de inversión Formulación y evaluación. Pearson Educación. Naucalpan de Juárez México
15. Sussman J. (2000) Introduction to Transportation Systems Artech House USA
16. Unidad de Inversiones de la Secretaría de Hacienda y Crédito Público (2013) LINEAMIENTOS PARA LA ELABORACIÓN Y PRESENTACIÓN DE LOS ANÁLISIS COSTO Y BENEFICIO DE LOS PROGRAMAS Y PROYECTOS DE INVERSIÓN Diario oficial Lunes 30 de diciembre de 2013 México.
17. Van Gigch (2007) Teoría General de Sistemas. Trillas México
18. Vickerman R. (2005) Infrastructure Policy. Handbook of Transport strategy policies and institutions. Elsevier Netherlands
19. Willis K. (2005) Cost – Benefit Analysis. Handbook of Transport strategy policies and institutions. Elsevier Netherlands
20. World Bank (1998) The Logical Framework. Washington USA

Documentos

Cárdenas E. (2012) ESTUDIO COSTO BENEFICIO DEL PROYECTO MEJORAMIENTO Y AMPLIACIÓN A 4 CARRILES DE LA CARRETERA ESTATAL QUE VA DEL KM 41.6 DE LA CARRETERA TOLUCA PALMILLAS A JILOTEPEC CORRALES LÍMITES DE MÉXICO CON HIDALGO. Junta de Caminos del Estado de México

Páginas

<http://www.urosario.edu.co/Internacionalizacion/Oportunidades-Cooperacion-Internacional/Documentos> MATRIZ DE MARCO LOGICO UNA HERRAMIENTA DE FORMULACION DE PROYECTO