

Metodología para la Evaluación de Proyectos de Caminos Rurales y Alimentadores



GOBIERNO
FEDERAL

SHCP



www.gobiernofederal.gob.mx
www.hacienda.gob.mx



Vivir Mejor

La presente metodología es un documento de carácter exclusivamente informativo y por lo tanto no sustituye ni suple las disposiciones y normas jurídicas que la Secretaría de Hacienda y Crédito Público haya emitido o emita en cumplimiento de sus facultades legales o reglamentarias. Se autoriza la reproducción parcial o total de la presente obra siempre y cuando se cite la fuente de origen y la reproducción se efectúe sin fines de lucro.

1. INTRODUCCIÓN	3
1.1 ANTECEDENTES.....	3
1.2 OBJETIVO DE LA METODOLOGÍA	3
1.3 RESUMEN DE LA METODOLOGÍA.....	4
2. TIPOS DE PROYECTOS	7
3. ANÁLISIS DE UN PROYECTO DE CAMINOS RURALES O ALIMENTADORES	9
3.1 SITUACIÓN ACTUAL	9
3.1.1 <i>Oferta</i>	9
3.1.2 <i>Demanda</i>	11
3.1.3 <i>Interacción oferta-demanda y descripción de la problemática</i>	13
3.2 SITUACIÓN SIN PROYECTO.....	16
3.2.1 <i>Optimizaciones</i>	16
3.2.2 <i>Oferta</i>	17
3.2.3 <i>Demanda</i>	17
3.2.4 <i>Interacción oferta-demanda con optimizaciones a lo largo del horizonte de evaluación</i>	18
3.2.5 <i>Alternativas de solución</i>	19
3.3 SITUACIÓN CON PROYECTO	19
3.3.1 <i>Descripción del Proyecto</i>	19
3.3.2 <i>Oferta</i>	20
3.3.3 <i>Demanda</i>	20
3.3.4 <i>Interacción oferta-demanda a lo largo de la vida útil</i>	21
3.4 EVALUACIÓN.....	21
3.4.1 <i>Identificación, cuantificación y valoración de los costos del proyecto</i>	21
3.4.2 <i>Identificación, cuantificación y valoración de los beneficios del proyecto</i>	24
3.4.3 <i>Cálculo de los indicadores de rentabilidad</i>	25
3.4.4 <i>Análisis de sensibilidad</i>	29
3.4.5 <i>Análisis de riesgos</i>	29
3.5 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	30
4. ANEXOS	31
4.1 CLASIFICACIÓN Y CARACTERÍSTICAS DE LAS CARRETERAS Y CAMINOS RURALES.....	31
4.2 NOTA TÉCNICA SOBRE MANTENIMIENTO.....	32
4.2.1 <i>Terracerías</i>	32
4.2.2 <i>Asfalto</i>	33
4.3 CUANTIFICACIÓN Y VALORACIÓN DEL BENEFICIO POR INCREMENTO EN LA PRODUCCIÓN	36

4.4 ANUALIZACIÓN DE LOS COSTOS DE MANTENIMIENTO Y OPERACIÓN.....	37
5. GLOSARIO.....	38
6. BIBLIOGRAFÍA.....	40

1. Introducción

1.1 Antecedentes

La asignación de recursos a programas y proyectos de inversión por parte del Gobierno Federal es una tarea relevante debido a que los recursos que se destinan para cubrir una necesidad identificada conllevan un costo de oportunidad para la sociedad. Por lo tanto, con el objetivo de maximizar el beneficio social y reducir dicho costo, el Gobierno Federal ha diseñado metodologías específicas que coadyuvan a la eficiente asignación de los recursos públicos.

La Metodología para la Evaluación de Proyectos de Caminos Rurales y Alimentadores proporciona un marco conceptual específico para la evaluación de proyectos de inversión de este tipo. El contenido de esta metodología se desprende de la Metodología Global de las Etapas que Componen el Ciclo de Inversiones, la cual facilita una perspectiva general del proceso de inversión pública en México.

Adicional a la presente metodología, existen otros dos documentos de apoyo para la evaluación de proyectos de caminos rurales y alimentadores. El primero es el Manual para la Evaluación de Proyectos de Caminos Rurales y Alimentadores, el cual muestra, mediante un ejemplo ilustrativo, la aplicación de la metodología. El segundo documento denominado Guía para la Evaluación de Proyectos de Caminos Rurales y Alimentadores enlista los principales pasos para realizar la evaluación de este tipo de proyectos.

1.2 Objetivo de la metodología

El objetivo de la presente metodología es explicar la manera en que las Entidades y Dependencias de la Administración Pública Federal (APF), relacionadas con el sector de comunicaciones y transportes deben elaborar la evaluación de proyectos de caminos rurales y alimentadores. Lo anterior con el fin de coadyuvar al proceso de evaluación y analizar la rentabilidad social del proyecto. El objetivo último es lograr una asignación eficiente de los recursos públicos.

Para alcanzar estos objetivos se muestran herramientas que describen los principales componentes que debe contener un análisis costo-beneficio de proyectos de caminos rurales y alimentadores. El modelo de evaluación intenta capturar, desde una perspectiva de rentabilidad socioeconómica, los elementos que intervienen en la decisión de implementar un proyecto de inversión de este tipo.

1.3 Resumen de la metodología

Los proyectos de caminos rurales y alimentadores tienen por objetivo disminuir los Costos Generalizados de Viaje (CGV)¹ mediante la construcción de un acceso nuevo en una zona rural, o bien a través de la mejora de uno existente.

En la presente metodología se describe el análisis que deberá realizarse para la evaluación socio-económica de proyectos de caminos rurales y alimentadores. Dicho análisis se presenta bajo tres escenarios diferentes: situación actual, situación sin proyecto y situación con proyecto. Para cada uno de ellos se evaluarán las variables que intervienen en la determinación de la oferta y la demanda en el área de influencia. Asimismo, se analizará la problemática a resolver como resultado de la interacción entre la oferta y la demanda.

1. **Análisis de la situación actual:** El objetivo de este análisis es describir la problemática que da origen al proyecto. Requiere conocer la oferta y demanda existentes. La oferta está representada por las características físicas y geométricas de la infraestructura actual. Mientras que la demanda se refiere al Tránsito Diario Promedio Anual (TDPA) o número de vehículos promedio que transitan diariamente por el camino. También se analiza cómo interactúan la oferta y la demanda, lo cual se refleja en la velocidad, el tiempo de recorrido y el costo en el que incurran los usuarios. A este costo se le conoce como Costo Generalizado de Viaje o CGV, y se integra por el costo de operar los vehículos más el costo del tiempo de viaje de los pasajeros. Como resultado de la interacción entre oferta y demanda se identifica y describe la problemática a resolver.
2. **Análisis de la situación sin proyecto:** Se refiere a la situación futura en caso de que no se llevara a cabo el proyecto de inversión. Para esto es necesario considerar medidas de optimización que ayuden a mitigar la problemática. Se deben describir las características de la oferta tomando en cuenta las optimizaciones y calcular la demanda futura, esta última es la proyección del TDPA con base en el crecimiento de la economía². Finalmente, se analizará cómo se comportan o interactúan la oferta y demanda futuras sin proyecto a lo largo del horizonte de evaluación.
3. **Análisis de la situación con proyecto:** Se realiza de forma similar que en la situación sin proyecto. La diferencia es que en este caso, la oferta está dada por las características

¹ CEPEP, 2004.

² La tasa de crecimiento anual de la economía que deberá usarse será la que publique el CEPEP en su página de Internet (www.cepep.gob.mx).

del proyecto. También se analiza cómo interactúan la oferta y la demanda que, de la misma forma, se refleja en la velocidad, tiempo de recorrido y CGV.

4. Identificación, cuantificación y valoración de los costos: Deben calcularse los costos de inversión, mantenimiento y operación, y los costos por molestias³. Éstos últimos son los costos en que incurren los usuarios como resultado de la reducción de la velocidad y el incremento en tiempo de viaje, y que son consecuencia de las desviaciones o reducción de carriles necesarias durante la construcción.
5. Identificación, cuantificación y valoración de los beneficios: El principal beneficio de un proyecto de camino rural o alimentador es el ahorro en el Costo Generalizado de Viaje ya que para los usuarios debe ser menos costoso transitar por la nueva vía. Este beneficio es resultado del incremento en la velocidad y la reducción en el tiempo de recorrido.
6. Evaluación del proyecto: Para evaluar la rentabilidad se calculan los flujos netos para cada año del horizonte de evaluación. Estos flujos netos son la diferencia entre la situación sin proyecto y la situación con proyecto. Con base en esto se calculan los indicadores de Valor Presente Neto (VPN), Tasa Interna de Retorno (TIR) y Tasa de Rendimiento Inmediata (TRI). También debe realizarse un Análisis de Sensibilidad en el cual se observe el comportamiento de los indicadores de rentabilidad derivado de un cambio en las variables relevantes del proyecto, como pueden ser el monto de la inversión inicial o la demanda proyectada.

Adicionalmente se realiza un análisis de sensibilidad en el cual se observa el comportamiento de los indicadores de rentabilidad ante el cambio en las variables relevantes.

Si bien estos son los pasos para evaluar proyectos de caminos rurales o alimentadores, se debe distinguir entre los que se analizan a nivel perfil (análisis costo-beneficio simplificado) y pre-factibilidad. Para el primero, la información necesaria se obtiene principalmente de fuentes secundarias de información. A nivel pre-factibilidad la información se debe obtener de estudios diseñados y ejecutados específicamente para el análisis del proyecto que se esté evaluando.

³ Sólo deberán considerarse los costos por molestia de los proyectos de construcción o modernización de caminos alimentadores y para aquellos caminos rurales para los que se solicite explícitamente.

De acuerdo a la Metodología Global de las Etapas que componen el Ciclo de Inversiones, los requisitos para el análisis de proyectos a nivel perfil y pre-factibilidad son los siguientes:

Concepto	Evaluación a nivel perfil	Evaluación a nivel pre-factibilidad
Sesión previa de trabajo con la UI	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Opcional. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Debe realizarse una sesión previa de trabajo con la UI para definir conjuntamente: <ul style="list-style-type: none"> ▪ Los estudios necesarios a realizar para la evaluación del proyecto. ▪ El alcance y enfoque de la evaluación.
Tipo de información utilizada	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Información secundaria: Utiliza estudios elaborados para otros proyectos, publicaciones de investigación u otras fuentes. Los datos utilizados pueden haber sido tomados o extrapolados de otros estudios elaborados anteriormente; objetiva, verídica y apropiadamente documentada. ▪ Información primaria: Encuestas de mercado y trabajo de campo básico. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Información primaria: Estudios elaborados específicamente para determinar variables clave del proyecto, encuestas de mercado y trabajo en campo con métodos formales.
Estimación de oferta, demanda, costos y beneficios	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Se realiza con base en información histórica contrastada con fuentes primarias de información. ▪ Se utiliza información paramétrica. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Se realiza con base en cotizaciones específicas de diferentes proveedores con información actual contrastada con datos de información histórica y fuentes primarias de información y se tiene un nivel de incertidumbre menor.
Bibliografía	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Bibliografía y referencias de los estudios utilizados como fuente secundaria de información. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Anexos con los estudios realizados específicamente para el proyecto.

2. Tipos de Proyectos

La presente metodología fue diseñada para realizar el análisis costo-beneficio de proyectos de construcción o modernización de caminos rurales o alimentadores. Los proyectos de construcción, también llamados de obra nueva, son aquellos en los que se construirá una vía donde actualmente la infraestructura es inexistente. En tanto que la modernización se refiere a la mejora de las condiciones de operación y seguridad del camino rural o alimentador actual. Esto último se realiza mediante la rectificación del trazo, ampliación del ancho de corona y calzada o la mejora de la superficie de rodamiento de los caminos rurales o alimentadores.

Los proyectos que deben evaluarse a través de esta metodología se clasifican en caminos alimentadores (tipo C) y caminos rurales (tipos D y E), los cuales presentan las siguientes características de acuerdo al Instituto Mexicano del Transporte (IMT).

Clasificación y Características de Caminos Rurales y Alimentadores⁴

<i>Tipo</i>	<i>TDPA (veh./día)</i>	<i>Ancho de calzada (m)</i>	<i>Ancho de corona (m)</i>	<i>Tipo de superficie</i>
<i>E</i>	<i>Hasta 100</i>	<i>4.0</i>	<i>4.0</i>	<i>Terracería</i>
<i>D</i>	<i>100 a 500</i>	<i>6.0</i>	<i>6.0</i>	<i>Terracería / Pavimento asfáltico</i>
<i>C</i>	<i>500 a 1,500</i>	<i>6.0</i>	<i>7.0</i>	<i>Pavimento asfáltico</i>

Fuente: Un análisis económico sobre el uso del concepto de confiabilidad, en relación con algunos elementos del proyecto geométrico de carreteras. IMT, 2008.

Cabe mencionar que el tipo de vía y sus características se definen a partir del TDPA que circula por ella, el cual es proporcional al tamaño de la población beneficiada.

⁴ Para mayor detalle se puede consultar el anexo "Clasificación y características de las carreteras y caminos rurales".

Adicionalmente, los proyectos deben contar con las siguientes características:

1. Que el camino planeado conecte al menos una comunidad rural⁵ con otra población o con otra vía, ya sea otro camino rural, un alimentador o una carretera.
2. Que su ejecución se refiera a la construcción o modernización de una vialidad para tránsito vehicular de entre 4 y 7 metros de ancho.
3. Que el TDPA del camino no supere los 1,500 vehículos.

⁵ De acuerdo con la clasificación del INEGI se considera que una comunidad rural tiene menos de 2,500 habitantes.

3. Análisis de un Proyecto de Caminos Rurales o Alimentadores

En esta sección se desarrolla el detalle de la metodología para el análisis y evaluación de proyectos de caminos rurales y alimentadores. Para ello se estudia la situación actual, la situación sin proyecto y la situación esperada con la ejecución del proyecto. En los tres casos se analiza la oferta, la demanda y la interacción entre ambas.

Posteriormente, se obtienen los costos y beneficios comparando la situación sin proyecto contra la situación con proyecto y se calculan los indicadores de rentabilidad. Finalmente se realiza el análisis de sensibilidad y el análisis de riesgos.

3.1 Situación actual

El objetivo del análisis de la situación actual es describir la problemática a resolver con base en el diagnóstico de la oferta y la demanda.

3.1.1 Oferta

El análisis de la oferta en proyectos de caminos rurales y alimentadores consiste en la descripción de la infraestructura existente y sus características físicas y geométricas para cada uno de los tramos definidos. Dicho análisis debe incluir la descripción de las vías con las que se conecta el camino rural o alimentador.

a. Tramificación por oferta

Es necesario dividir el camino rural o alimentador en tramos para posteriormente calcular los costos asociados a cada uno de ellos. El criterio para tramificar la oferta se basa en las características del terreno; es decir, si es plano, lomerío o montañoso. Esto permitirá calcular correctamente la inversión y el CGV ya que ambos cambian dependiendo del tipo de terreno.

b. Características físicas y geométricas

Deberán describirse las características de cada tramo del camino rural o alimentador, con el fin de utilizarlas en el programa VOC-MEX 3.0⁶, el cual sirve para calcular el COV. Dichas características incluyen:

- Longitud del tramo (km)
- Tipo de terreno: plano, lomerío o montañoso
- Número de carriles de circulación
- Ancho de corona (m)
- Ancho de acotamientos (m)
- Tipo de superficie: pavimento asfáltico o terracería
- Índice de rugosidad (m/km). Este índice hace referencia a las condiciones de la superficie según el Índice de Rugosidad Internacional (IRI), el cual maneja un rango desde 2 cuando las condiciones son excelentes, hasta 25 cuando son muy pobres
- Condiciones del señalamiento horizontal y vertical
- Indicación de la existencia de estructuras como puentes, especificando sus características físicas y geométricas (ancho, altura, longitud, tipo de estructura).

Para el caso del análisis a nivel perfil y en caso de que no se cuente con información de campo, el análisis de la oferta se puede llevar a cabo utilizando datos paramétricos actualizados o fuentes secundarias.

En caso de que el proyecto requiera de la realización de un análisis a nivel de pre-factibilidad, se deberán considerar las siguientes características:

- Pendiente media ascendente (%), suma de la distancia vertical en ascenso entre la longitud total del tramo
- Pendiente media descendente (%), suma de la distancia vertical en descenso entre la longitud total del tramo
- Proporción de viaje ascendente (%), suma de la longitud de los ascensos entre la longitud total del tramo
- Altitud promedio (m.s.n.m), promedio de altura sobre el nivel medio del mar

⁶ Software desarrollado por el Banco Mundial que se utiliza para el cálculo de los Costos Generalizados de Viaje de acuerdo a las diferentes características físicas de los tramos de un camino.

- Curvatura horizontal promedio ponderada (grados/km), promedio ponderado de las curvaturas de los segmentos curvilíneos del camino

c. Vías con las que conecta

Se debe realizar un análisis descriptivo de las características de las vías con las que se conecta el camino rural o alimentador, así como las conexiones con zonas urbanas en caso de que existan.

3.1.2 Demanda

La demanda en proyectos de caminos rurales y alimentadores corresponde al número de vehículos que circulan actualmente y se calcula con base en el TDPA. Dicho análisis debe considerar lo siguiente:

a. Tramificación por demanda

Tratándose de caminos alimentadores, éstos deberán dividirse en tramos en los que la cantidad de vehículos no cambie. De esta forma, cada punto de la ruta en la que se incorporan o desincorporan vehículos es el fin de un tramo y el inicio del siguiente.

b. Tránsito Diario Promedio Anual (TDPA)

El TDPA representa la cantidad promedio de vehículos que transitan en un día por un camino o tramo. Para la situación actual, la demanda debe ser estimada por medio de información obtenida con estudios de campo, o en su caso, información secundaria. Para ello se deberá considerar el TDPA por tramo y tipo de vehículo: vehículos ligeros (A), autobuses (B), y camiones de carga unitarios (CU).

c. Requisitos de información para el análisis de la demanda

Para proyectos evaluados a nivel perfil (análisis costo-beneficio simplificado), la información de la demanda se obtiene de fuentes secundarias y de estudios de campo básicos. En proyectos a nivel pre-factibilidad (análisis costo-beneficio) la información se obtiene de estudios de campo detallados. Los requisitos del análisis de la demanda se enlistan en la siguiente tabla.

Requisitos de información para el análisis de la demanda

Requisito	Descripción / Consideraciones
<i>Tramificación con base en la demanda</i>	<i>Definición de los tramos en los que no cambia el TDPA, sólo para caminos alimentadores; es decir, tramos que no presentan accesos ni salidas intermedios.</i>
<i>Aforo actual (TDPA) y composición vehicular (A, B, CU)</i>	<i>El tránsito actual se calcula mediante un estudio de campo o utilizando información de fuentes oficiales, como Centros SCT.</i>
<i>Número de pasajeros promedio por tipo de vehículo</i>	<i>Se refiere al número promedio de personas que viajan dentro de cada tipo de vehículo.</i>
<i>Tiempo de recorrido por tipo de vehículo, por tramo, incluyendo los otros medios de transporte</i>	<i>Se recomienda utilizar el método de seguimiento de las placas o del vehículo flotante. Esta información se utilizará para calcular la velocidad promedio de la situación actual.</i>
<i>Población de las localidades beneficiadas</i>	<i>El número de personas impactadas por la realización del proyecto servirá para calcular los beneficios esperados. Para terrenos planos, deben incluirse las localidades en un radio entre 2 y 5 km a lo largo del camino en estudio⁷. En el caso de terrenos montañosos se considerará una distancia de 10 km.</i>

En cuanto a los métodos de estimación del tiempo de recorrido, los métodos sugeridos son⁸:

- **Seguimiento de las placas.** Este método consiste en que distintos equipos de personas se coloquen en los puntos de origen y destino de acuerdo a la tramificación por demanda de la vía. Cada uno registra las placas de los vehículos y la hora en que lo hace. El tiempo que cada vehículo registrado utiliza en ir de un punto a otro se calcula comparando los datos obtenidos en las distintas ubicaciones.

⁷ Definición de área de influencia de un proyecto, de acuerdo con Evaluaciones Ex-post del Índice de Acceso Rural del Banco Mundial

⁸ La descripción de los métodos de estimación de tiempo de recorrido se tomaron del documento "Método de asignación de tránsito en redes regionales de carreteras: Dos alternativas de solución", IMT, 2002.

- **Vehículo flotante.** En este método se registra el tiempo que cada tipo de vehículo tarda en llegar de un punto de origen a otro de destino. Esto se hace siguiendo al vehículo del cual se desea registrar el tiempo de recorrido.

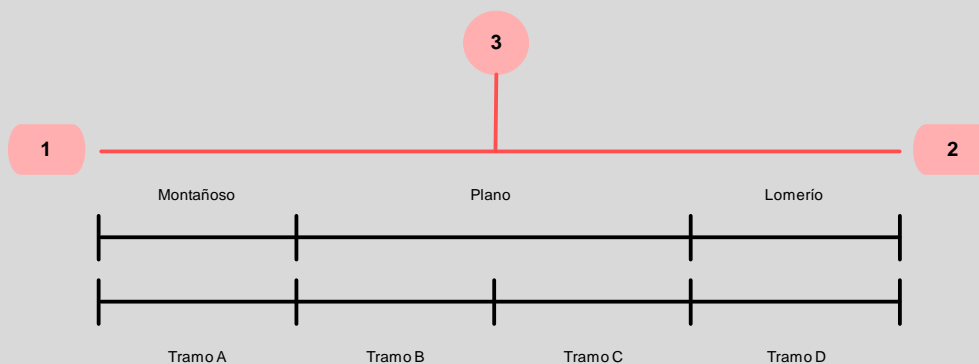
En todas las evaluaciones socioeconómicas se deberán especificar las fuentes de la información utilizadas para el análisis de la demanda.

3.1.3 Interacción oferta-demanda y descripción de la problemática

a. Tramificación por oferta y demanda

Para definir claramente la problemática es necesario tramificar el camino rural o alimentador por oferta y demanda simultáneamente. Como ya se explicó, en el caso de la oferta el proceso consiste en dividir el camino rural o alimentador en tramos dependiendo el tipo de terreno. Por otro lado, la tramificación por demanda se realiza dividiendo el camino rural o alimentador en secciones donde el TDPA no varía. Para combinarlos es necesario definir el inicio y fin de un tramo de acuerdo al cambio en aforo o tipo de terreno. De esta forma será posible determinar las velocidades de operación y calcular el CGV para cada uno de los tramos.

Por ejemplo, si el proyecto une las localidades 1 y 2, y tomando en cuenta el cruce con el camino que lleva a 3, el camino rural o alimentador debe dividirse en 4 tramos, en caso de que se presente un cambio significativo en el TPDA.



- *Tramo A: Definido por el tipo de terreno (montañoso)*
- *Tramos B y C: Definidos por el tipo de terreno (plano) y delimitado por el cruce con el camino que lleva a 3, por lo que la cantidad de vehículos varía entre el tramo B y el C.*
- *Tramo D: Definido por el tipo de terreno (lomerío)*

La tramificación por oferta y demanda se utilizará para el análisis de la situación actual, la situación sin proyecto y la situación con proyecto.

Las razones para tramificar el camino rural o alimentador es que el COV es distinto para un mismo tipo de vehículo cuando circula por terreno plano, lomerío o montañoso. Además, el costo de inversión por kilómetro también cambia para distintos tipos de terreno. Finalmente, para el cálculo de los ahorros en CGV es necesario tomar en cuenta el TDPA, el cual puede variar a lo largo del camino en caso de que existan salidas o accesos de vehículos.

b. Velocidad de operación

La velocidad de operación es el resultado principal de la interacción de la oferta y la demanda. Se calcula con base en el tiempo de recorrido y la longitud de los tramos de la vía. Para ello, se lleva a cabo un estudio de campo o se consulta información secundaria.

La velocidad de operación actual para cada tramo está en relación a la longitud del mismo y al tiempo de recorrido. Se puede calcular por medio de los métodos de seguimiento de las placas o de vehículo flotante. Con base en ellos se registra el tiempo promedio de recorrido que, junto con la distancia, permite estimar la velocidad de operación.

Para el año base la velocidad de operación se calcula para cada tramo del camino y por tipo de vehículo como sigue:

$$V_{i,j} = \frac{L_j}{T_{i,j}}$$

Dónde:

- *$V_{i,j}$ es la velocidad para el tipo de vehículo i en un tramo j*
- *L_j es la longitud del tramo j*
- *$T_{i,j}$ es el tiempo de recorrido del tipo de vehículo en un tramo j registrado en el estudio de campo*

La velocidad de operación se usará posteriormente para calcular los COV utilizando el programa VOC-MEX 3.0.

c. Costo Generalizado de Viaje

La interacción de la oferta y la demanda se refleja en el CGV, el cual se define como el costo en el que incurren los usuarios del camino. Éste incluye la valoración del tiempo empleado en el viaje o el costo del tiempo de recorrido (CTR), y el COV en que se realizan dichos viajes (incluyendo combustibles, neumáticos, lubricantes, ente otros).

El CGV de la situación actual debe calcularse por tipo de vehículo para cada tramo de acuerdo a la expresión:

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

Dónde:

- i puede ser vehículo ligero (A), autobús (B) o camión unitario (CU)
- j se refiere a cada tramo del camino rural o alimentador
- $CGV_{i,j}$ es el Costo Generalizado de Viaje calculado para el tipo de vehículo i en el tramo j
- $COV_{i,j}$ es el Costo de Operación Vehicular o costo variable medio de utilizar un tipo de vehículo i en el tramo j
- $CTR_{i,j}$ es el Costo por Tiempo de Recorrido de los pasajeros que viajan en el tipo de vehículo i en el tramo j

El COV mide en términos monetarios el costo que le representa a cada vehículo circular por una vía. La unidad con que se expresa es pesos por kilómetro recorrido por vehículo (\$/km/veh). Para su cálculo se incluye el consumo de combustibles y lubricantes, desgaste de llantas y elementos de frenado, deterioro del sistema de suspensión y de embrague, así como los costos de refacciones, mantenimiento y depreciación del vehículo. El COV es sensible a las características geométricas del camino, tales como pendientes, grados de curvatura, así como a la altitud sobre el nivel del mar.

El CTR representa el valor, en términos monetarios, del tiempo de viaje de las personas que se desplazan en cada tipo de vehículo i . Está dado por el valor unitario del tiempo de las personas (pesos/hora) multiplicado por el tiempo de recorrido en horas y por el número de pasajeros promedio por tipo de vehículo. Además incluye el valor del tiempo de carga (nota técnica 291 del IMT) y las toneladas promedio por vehículo de carga (nota técnica 316 del IMT).

Cálculo del CGV por tipo de vehículo

Se deberá calcular el CGV por tipo de vehículo para cada tramo. Para obtener el COV se recomienda usar el programa VOC-MEX 3.0 y es importante calibrarlo conforme a la velocidad calculada en el estudio de campo y que se incluyó en el análisis de la demanda. El valor del tiempo de las personas se estima con base en una metodología que utiliza el ingreso medio, el cual está en función del salario mínimo general vigente como principal variable, la población ocupada y horas trabajadas a la semana.^{9,10}

d. Problemática

Con la información de la oferta, la demanda y su interacción, se describe la problemática que se deberá resolver. En el caso de caminos rurales y alimentadores, la problemática se refleja en bajas velocidades de operación y prolongados tiempos de viaje. Otro factor a resolver es la interrupción de la circulación durante algunos días al año derivado de lluvias, inundaciones y/o derrumbes. Como consecuencia de lo anterior se determina que el acceso a las comunidades es inadecuado o discontinuo, lo que se refleja en “altos” CGV.

3.2 Situación sin proyecto

En este caso, la descripción de la oferta toma en cuenta las optimizaciones que pudieran llevarse a cabo para mantener la infraestructura actual en condiciones adecuadas de operación. En el caso de la demanda, ésta se estima con base en el crecimiento esperado de la economía.

Finalmente, la interacción entre ambas permitirá estimar el CGV que se usará como línea base a comparar contra la situación con proyecto.

3.2.1 Optimizaciones

Las optimizaciones son medidas administrativas o inversiones de bajo costo que se realizarían en caso de no llevar a cabo el proyecto. Las optimizaciones son la base a partir de la cual se evalúa el proyecto con el fin de no atribuirle beneficios que no le corresponden y así no sobrevalorarlo. En el caso de caminos rurales y alimentadores, algunas de las optimizaciones posibles son:

⁹ Instituto Mexicano del Transporte, Publicación Técnica 291, 2006

¹⁰ El valor por hora del tiempo de las personas será el que publique el CEPEP en su página de Internet (www.cepep.gob.mx).

- Mejorar la superficie para reducir el IRI y por lo tanto incrementar la velocidad promedio de recorrido
- Mejorar la señalización, tanto horizontal como vertical
- Mejorar ciertos tramos pequeños como podría ser una curva o un tramo desnivelado
- Mejoras a obras hidráulicas que reduzcan los periodos en que el camino queda intransitable

En relación con lo anterior y para fines de la evaluación, la situación optimizada se convierte en la situación sin proyecto.

3.2.2 Oferta

Se deben incluir los mismos conceptos de oferta que se describen en la situación actual más las optimizaciones correspondientes.

3.2.3 Demanda

La proyección de la demanda se realiza tomando en cuenta las siguientes consideraciones.

Para proyectar el tránsito de cada tipo de vehículo se utiliza la tasa de crecimiento promedio del Producto Interno Bruto (PIB)¹¹ para los años del horizonte de evaluación.

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

Dónde:

- *TDPA incluye el tránsito normal*
- *t es el año durante el horizonte de evaluación*
- *r es la tasa de crecimiento anual del PIB*

¹¹ La tasa de crecimiento anual del PIB para el horizonte de evaluación será la que publique el CEPEP en su página de Internet (www.cepep.gob.mx). En caso de que se requiera utilizar una tasa distinta, esta deberá ser correctamente justificada.

Asimismo, los siguientes requisitos son indispensables para calcular la demanda futura.

Requisitos para la proyección de la demanda sin proyecto	
<i>Requisito</i>	<i>Descripción / Consideraciones</i>
<i>Tránsito en el proyecto (TDPA y composición vehicular), para cada año del horizonte de evaluación y por tramo</i>	<i>Se determina con base en el tránsito actual, y para su proyección se utiliza la tasa de crecimiento del PIB.</i>
<i>Tiempo de recorrido por tipo de vehículo y tramo</i>	<i>Se calculará de acuerdo a la velocidad promedio proyectada en la situación sin proyecto dependiendo de las características físicas y geométricas de las optimizaciones. La velocidad puede estimarse con base en información de caminos de especificaciones similares.</i>

3.2.4 Interacción oferta-demanda con optimizaciones a lo largo del horizonte de evaluación

Como ya se mencionó, la interacción entre la oferta y la demanda se refleja en la velocidad de operación y, como resultado de ésta y de las características de la infraestructura, en el CGV.

El CGV por tipo de vehículo se calcula igual que en la situación actual. Sin embargo, para la velocidad de operación deberán tomarse en cuenta las optimizaciones planteadas.

En el año base el CGV se estima con base en información de estudios realizados en caminos rurales o alimentadores que cuenten con características similares.

El CGV de la situación sin proyecto se calcula para cada tipo de vehículo y tramo, y además considera el tránsito en un año del horizonte de evaluación:

$$CGV0_t = \sum_{i=A}^{CA} \sum_{j=1}^n CGV0_{i,j} * TDPA_{t,i,j} * 365$$

Dónde:

- $CGV0_t$ es el Costo Generalizado de Viaje total en la situación sin proyecto para un año t
- $\sum_{i=A}^{CA}$ Indica la sumatoria de los tipos de vehículos i , que corresponde a A, B, CU, CA.
- $\sum_{j=1}^n$ Indica la sumatoria de los tramos j , desde el tramo 1 hasta el n .
- $CGV0_{i,j}$ es el Costo Generalizado de Viaje para un tipo de vehículo i en un tramo j del camino rural o alimentador en la situación sin proyecto
- $TDPA_{i,j}$ es el número de vehículos tipo i que transitan en promedio diariamente por el tramo j del camino rural o alimentador
- 365 es el número de días al año

3.2.5 Alternativas de solución

Se deberán describir las alternativas de solución consideradas para atender la problemática identificada, así como los criterios utilizados para seleccionar la mejor. Se incluirán las características de cada una y se expondrán las razones por las que se eligió el proyecto.

3.3 Situación con proyecto

Consiste en el análisis del escenario en el que se realiza el proyecto. En este caso, la oferta se describe de acuerdo al diseño y la demanda futura tomando en cuenta el tránsito normal, el crecimiento de la economía y los viajes originados como consecuencia del proyecto.

3.3.1 Descripción del Proyecto

La descripción establece las bases para el análisis de la situación con proyecto y permite conocer las principales características del mismo. La descripción debe contener la siguiente información:

1. **Descripción general:** detalles de las características físicas del proyecto y los componentes que resultarían de su realización.
2. **Localización geográfica:** ubicación geográfica donde se desarrollará el proyecto y su zona de influencia. Incluir un croquis y un diagrama para señalar su ubicación exacta.
3. **Calendario de actividades:** incluir la programación de las principales actividades que serían necesarias para generar los componentes del proyecto.
4. **Monto total de inversión:** para el análisis costo-beneficio debe utilizarse el monto sin impuestos. Aunque para fines del registro en la cartera de la Unidad de Inversiones deberá indicarse el monto incluyendo impuestos.
5. **Fuentes de financiamiento de los recursos:** indicando la procedencia del financiamiento del proyecto.
6. **Vida útil:** es el tiempo de operación del proyecto expresado en años.
7. **Descripción de los aspectos técnicos, legales, ambientales, de mercado, entre otros, que tengan un impacto significativo en el resultado del proyecto.** De igual manera, describe los elementos que la entidad o dependencia de la APF considere necesarios para garantizar su ejecución.
8. **Identificación de los principales agentes económicos involucrados:** enlistar los actores que participan o que son afectados de algún modo por el proyecto.

3.3.2 Oferta

La descripción de la oferta incluye los mismos conceptos que en la situación actual y situación sin proyecto, sin embargo debe considerar las características de diseño del propio proyecto.

3.3.3 Demanda

Para el primer año de operación la demanda debe estimarse tomando en cuenta el TDPA que circula actualmente por el camino rural o alimentador. La demanda futura se proyecta con base en el crecimiento de la actividad económica utilizando la misma fórmula que en la situación sin proyecto.

Requisitos para la proyección de la demanda con proyecto

<i>Requisito</i>	<i>Descripción / Consideraciones</i>
<i>Tránsito del proyecto (TDPA y composición vehicular), para cada año del horizonte de evaluación</i>	<i>La tasa de crecimiento del TDPA debe ser la misma que la del PIB.</i>
<i>Tiempo de recorrido por tipo de vehículo</i>	<i>Se calculará de acuerdo a la velocidad promedio proyectada dependiendo de las características físicas y geométricas del diseño del proyecto. La velocidad puede estimarse con base en información de caminos que cuenten con especificaciones similares.</i>

3.3.4 Interacción oferta-demanda a lo largo de la vida útil

La interacción de la oferta y demanda en la situación con proyecto se analiza de la misma forma que en la situación actual y sin proyecto.

Es necesario considerar la tramificación por oferta y demanda en toda la vía, así como las velocidades de operación. Lo anterior da como resultado el cálculo del CGV anual por cada tipo de vehículo y tramo.

3.4 Evaluación

La evaluación de proyectos de caminos rurales y alimentadores requiere de la estimación de costos y beneficios totales. Una vez que éstos se han valorado, se calculan los indicadores de rentabilidad (VPN, TIR y TRI). Posteriormente se realiza un análisis de sensibilidad y finalmente se identifican los principales riesgos asociados.

3.4.1 Identificación, cuantificación y valoración de los costos del proyecto

Los costos en proyectos de caminos rurales y alimentadores son: inversión, mantenimiento, operación¹²; y por molestia.

¹² Todos los costos se deben expresar en pesos constantes del año de evaluación y no deben incluir impuestos ni subsidios.

a. Inversión

Se refiere a todos los recursos necesarios para construir o modernizar el camino rural o alimentador hasta antes de su puesta en operación. Como parte de la inversión se deben considerar también todos aquellos costos en los que se incurrirá previo a la contratación o inicio de la obra.

Los costos a incluir en la inversión son:

- El costo de realizar los estudios básicos: mercado, técnicos, ambientales y legales.
- El costo de realizar el proyecto ejecutivo: proyecto conceptual, terracerías, pavimentos, obras de drenaje, estructuras y señalamiento.
- Costo del terreno
- Costo de obra, que abarca:
 - Costo de cada uno de los componentes y estructuras presentados por separado
 - Costo de supervisión de obra
 - Costo de mitigación y reposición por impacto ambiental
 - Costo de modificación y reposición de servicios afectados
 - Costo de evitar impactos arqueológicos

b. Mantenimiento y Operación

El costo de mantenimiento y operación es lo que se destina a la conservación de la vía con el fin de mantenerla en niveles óptimos de operación. Se deben tomar en cuenta tres tipos de mantenimiento¹³:

- Mantenimiento rutinario
- Mantenimiento periódico
- Reconstrucción

Los costos de mantenimiento se calculan como la diferencia entre los costos necesarios para la conservación del camino en la situación con proyecto y en la situación sin proyecto. Para su cuantificación y valoración se toman en cuenta las siguientes características:

- Tipo de terreno

¹³ El anexo "Nota Técnica sobre Mantenimiento" incluye más información sobre los tipos de mantenimiento y su periodicidad según la superficie de que se trate.

- Geometría
- Tipo de carpeta
- Clima
- TDPA estimado (porcentaje de vehículos ligeros y pesados)

c. Costo por molestia

Los costos por molestias son resultado del incremento temporal del CGV provocado por la congestión existente durante la construcción del proyecto. Se calculan de la misma forma en que se hace para las situaciones sin y con proyecto. Es el incremento en el costo generalizado de viaje derivado de la construcción del proyecto.

$$\text{Costos por Molestias} = CGV_C - CGV_0$$

Donde

- CGV_C es el costo generalizado de viaje durante la ejecución incluyendo los efectos de la congestión
- CGV_0 es el costo generalizado de viaje de la situación sin proyecto para los mismos periodos de construcción

Es posible que en algún momento durante la construcción, los tramos del proyecto que hayan sido terminados y puestos en operación ofrezcan beneficios por disminución del CGV. En este caso dichas mejoras se consideran un beneficio anticipado que hay que valorar.

Si bien, los costos por molestias pueden ser difíciles de estimar, éstos deberán calcularse considerando el mejor escenario posible del programa de construcción. Es decir, aquel que minimice las molestias durante la ejecución del proyecto.

Sólo deberán considerarse los costos por molestia de los proyectos de construcción o modernización de caminos alimentadores y para aquellos caminos rurales para los que se solicite explícitamente.

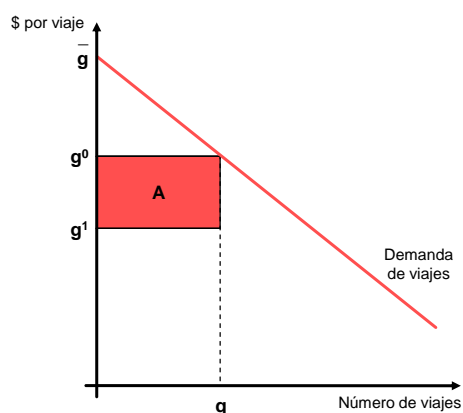
3.4.2 Identificación, cuantificación y valoración de los beneficios del proyecto¹⁴

El principal beneficio que se obtiene como resultado de la ejecución de proyectos de construcción o modernización de caminos rurales y alimentadores es el ahorro en CGV por parte de los usuarios de la vía. Adicionalmente, debido a que la vida útil del camino rural o alimentador normalmente supera el último periodo del horizonte de evaluación, el valor de rescate de la infraestructura construida debe considerarse como un beneficio.

En caso de que se trate de un camino productivo¹⁵, se podrá optar por incorporar nueva superficie productiva al considerar las oportunidades de comercialización de una mayor cantidad de sus productos. En este caso se presenta un beneficio por incremento en el Excedente del Productor derivado del aumento en la producción en la zona de influencia del proyecto. Dicho cálculo se lleva a cabo de acuerdo con los parámetros establecidos en el Anexo “4.3 Cuantificación y valoración del beneficio por incremento en la producción”.

a. Cuantificación y valoración del beneficio por ahorro en CGV¹⁶

Este beneficio corresponde a la reducción del CGV que experimentan los usuarios actuales al usar el camino rural o alimentador nuevo o modernizado. Observando la siguiente figura, el CGV sin proyecto es g^0 y el número de viajes es q . Con la construcción de la vía, el costo generalizado se reduce a g^1 y el ahorro de los usuarios actuales queda representado por el área A.



¹⁴ Todos los beneficios se deben expresar en pesos constantes del año de evaluación.

¹⁵ Se puede consultar la definición de camino productivo en la sección 5: Glosario.

¹⁶ Al ahorro en CGV también se le conoce como excedente del consumidor.

Los beneficios por ahorro en CGV se calculan usando el $CGV0_t$ y $CGV1_t$ obtenidos para la situación sin proyecto y la situación con proyecto respectivamente. Recordando:

$$CGV0_t = \sum_{i=A}^{CA} \sum_{j=1}^n CGV0_{i,j} * TDPA_{t,i,j} * 365$$

$$CGV1_t = \sum_{i=A}^{CA} \sum_{j=1}^n CGV1_{i,j} * TDPA_{t,i,j} * 365$$

Finalmente, el beneficio total por ahorro en CGV para cada año t es:

$$\Delta CGV_t = CGV0_t - CGV1_t$$

b. Cuantificación y valoración del valor de rescate

El valor de rescate de un proyecto de camino rural o alimentador es equivalente al 100% del costo total de inversión, a precios constantes, al final del último año del horizonte de evaluación.

3.4.3 Cálculo de los indicadores de rentabilidad

Para evaluar proyectos de caminos rurales y alimentadores se utilizan los indicadores de VPN, TIR y TRI.

a. Valor Presente Neto (VPN)

El VPN es la suma de los flujos netos anuales, descontados por la tasa social¹⁷. Para el cálculo del VPN, tanto los costos como los beneficios futuros del proyecto son descontados, utilizando la tasa social para su comparación en un punto en el tiempo o en el “presente”. Si el resultado del VPN es positivo, significa que los beneficios derivados del proyecto son mayores a sus costos. Alternativamente, si el resultado del VPN es negativo, significa que los costos del proyecto son mayores a sus beneficios.

¹⁷ La tasa social de descuento utilizada es la que determina la Secretaría de Hacienda y Crédito Público

La fórmula del VPN es:

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

Donde:

- B_t son los beneficios totales en el año t
- C_t son los costos totales en el año t
- $B_t - C_t$ es el flujo neto en el año t
- n es el número de años en el horizonte de evaluación
- r es la tasa social de descuento
- t es el año calendario, en donde el año 0 será el inicio de las erogaciones

Dependiendo del valor que se obtenga para el VPN se pueden tomar distintas decisiones.

- Cuando el VPN es negativo el proyecto no debe llevarse a cabo, ya que la suma actualizada de sus beneficios no resulta suficiente para compensar la suma descontada de sus costos.
- Cuando el VPN es positivo el proyecto debe realizarse. En este caso debe evaluarse la TRI para decidir el momento óptimo de inicio.

b. Tasa Interna de Retorno (TIR)

La TIR se define como la tasa de descuento que hace que el VPN de un proyecto de inversión sea igual a cero. Lo anterior es económicamente equivalente a encontrar el punto de equilibrio, es decir, el valor presente de los beneficios netos del proyecto son iguales a cero y se debe comparar contra una tasa de retorno deseada.

La TIR se calcula de acuerdo con la siguiente fórmula¹⁸:

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

Dónde:

- B_t son los beneficios totales en el año t
- C_t son los costos totales en el año t
- $B_t - C_t$ es el flujo neto en el año t
- n es el número de años en el horizonte de evaluación
- TIR es la Tasa Interna de Retorno
- t es el año calendario, en donde el año 0 será el inicio de las erogaciones

En este punto, es importante resaltar que no se debe utilizar la TIR por sí sola para comparar alternativas de un proyecto, ya que puede existir un problema de tasas internas de rendimiento múltiple. Las tasas internas de rendimiento múltiple ocurren cuando existe la posibilidad de que más de una tasa de descuento haga que el VPN sea igual a cero.

c. TRI

La TRI es un indicador de rentabilidad que permite determinar el momento óptimo para la entrada en operación de un proyecto con beneficios crecientes en el tiempo. A pesar de que el VPN sea positivo, en algunos casos puede ser preferible postergar su ejecución.

¹⁸ Lineamientos para la elaboración y presentación de los análisis costo y beneficio de los programas y proyectos de inversión.

La TRI para cada año se calcula de acuerdo con la siguiente fórmula¹⁹:

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

Dónde:

- B_{t+1} son los beneficios totales en el año $t+1$
- C_{t+1} son los costos totales en el año $t+1$
- I_t es el monto total de inversión valuado al año t (inversión acumulada hasta el periodo t)
- t es el año anterior al primer año de operación
- $t+1$ es el primer año de operación

Se asume que el proyecto se lleva a cabo en un sólo año. Por lo tanto, para el caso de proyectos con duración mayor se deben actualizar los montos de inversión al año inmediato anterior a la puesta en operación utilizando la tasa de descuento social de acuerdo a la siguiente fórmula.

$$I_0 = I_1(1+r)^n + I_2(1+r)^{n-1} + I_3(1+r)^{n-2} + \dots I_n$$

En caso de que el proyecto se ejecute en n años.

Para calcular correctamente la TRI puede ser necesario realizar la anualización de los costos²⁰. Esto es con el fin de evitar que los beneficios netos calculados no sean crecientes en el tiempo. Lo anterior puede suceder cuando los costos de mantenimiento se elevan de forma importante en algún periodo, como suele suceder con las reconstrucciones, entonces los beneficios netos podrían decrecer de un año al siguiente. Lo anterior provocaría errores en la estimación de la TRI.

Finalmente, el momento óptimo para la entrada en operación de un proyecto, cuyos beneficios son crecientes en el tiempo, es el primer año en que la TRI es igual o mayor que la tasa social de descuento.

¹⁹ Lineamientos para la elaboración y presentación de los análisis costo y beneficio de los programas y proyectos de inversión.

²⁰ En el anexo "Anualización de los costos de mantenimiento y operación" se puede consultar el método de cálculo.

En el ejemplo siguiente, el primer año en el que la TRI es mayor a la tasa de descuento (12%) es en 2015; si la carretera está planeada para construirse en 3 años, entonces el mejor momento para iniciar es en 2012.

Año	TRI
2013	11.2%
2014	11.7%
2015	12.1%
2016	12.4%

3.4.4 Análisis de sensibilidad

El análisis de sensibilidad consiste en evaluar en qué proporción cambian los resultados del proyecto como consecuencia de la modificación en alguna de las variables del modelo. De esta forma se puede valorar la magnitud del impacto en la rentabilidad que resulte de una desviación.

El análisis de sensibilidad se realiza cambiando una variable a la vez y observando los efectos en el VPN, TIR y TRI. Para proyectos de caminos rurales y alimentadores se recomienda analizar las siguientes variables²¹. Sin embargo, dependiendo de las particularidades del proyecto y a consideración del evaluador, podrán analizarse algunas otras.

- Incremento en el monto de inversión
- Extensión del periodo de ejecución del proyecto en un año
- Incremento en los costos de mantenimiento y operación
- Reducción en el TDPA proyectado

3.4.5 Análisis de riesgos

Se identificarán los principales riesgos asociados al proyecto en sus periodos de ejecución y operación. Los riesgos deben incluir, por lo menos, aquellos que resulten del análisis de sensibilidad y del análisis de los grupos de interés y los agentes económicos involucrados en la ejecución del proyecto.

²¹ El incremento o reducción de la variable en cuestión debe hacerse en proporciones de 10%, 20% y 30%.

3.5 Conclusiones y recomendaciones

Las conclusiones y recomendaciones buscan exponer de forma clara y precisa la conveniencia de realizar el proyecto, son el resultado de la evaluación y se relacionan principalmente con dos aspectos:

1. Indicadores de rentabilidad: ¿Cuáles son los valores obtenidos del VPN, TIR y TRI? ¿Qué representan para el proyecto? ¿Cómo se comportan en el análisis de sensibilidad? ¿Cuál es el momento ideal para ejecutar el proyecto de acuerdo a la TRI? Considerando lo anterior ¿es conveniente llevar a cabo el proyecto?
1. Análisis de riesgos: ¿Cuáles deberían ser las medidas de mitigación necesarias o aspectos a observar durante las etapas de ejecución y operación?

4. Anexos

4.1 Clasificación y características de las carreteras y caminos rurales

La clasificación de las carreteras de acuerdo a sus características, según el Instituto Mexicano del Transporte, se muestra en la tabla inferior. Cabe mencionar que los tipos E y D se consideran caminos rurales, C alimentadores, B y A corresponden a carreteras.

Concepto	Unidad	Tipos de carreteras																														
		E					D					C					B					A										
TDPA en el horizonte de proyecto	Vehtida	Hasta 100					100 a 500					500 a 1,500					1,500 a 3,000					más de 3,000										
Terreno	Montañoso	■					■					■					■					■										
	Lomerío	■					■					■					■					■										
	Plano	■					■					■					■					■										
Velocidad de proyecto	Km/h	30	40	50	60	70	30	40	50	60	70	40	50	60	70	80	90	100	50	60	70	80	90	100	110	60	70	80	90	100	110	
Distancia de visibilidad de parada	m	30	40	55	75	95	30	40	55	75	95	40	55	75	95	115	135	155	55	75	95	115	135	155	175	75	95	115	135	155	175	
Distancia de visibilidad de rebase	m	Na	Na	Na	Na	Na	135	100	225	270	315	180	225	270	315	360	405	450	225	270	315	360	405	450	495	270	315	360	405	450	495	
Grado máximo de curvatura	°	60	30	17	11	7.5	60	30	17	11	7.5	30	17	11	7.5	5.5	4.25	3.25	17	11	7.5	5.5	4.25	3.25	2.75	11	7.5	5.5	4.25	3.25	2.75	
Curvas verticales	K cresta	m/%	4	7	12	23	36	3	4	8	14	20	4	8	14	20	31	43	57	8	14	20	31	43	57	72	14	20	31	43	57	72
	K columpio	m/%	4	7	10	15	20	4	7	10	15	20	7	10	15	20	25	31	37	10	15	20	25	31	37	43	15	20	26	31	37	43
	Longitud mínima	m	20	30	30	40	40	20	30	30	40	40	30	30	40	40	50	50	60	30	40	40	50	50	60	60	40	40	50	50	60	60
Pendiente gobernadora	%	9					8					6					5					4										
		7					6					5					4					3										
		Na					Na					Na					Na					Na										
Pendiente máxima	%	13					12					8					7					6										
		10					9					7					6					5										
		7					6					5					4					4										
Ancho de calzada	m	4.0					6.0					6.0					7.0					A2	A4	A4S								
																						7.0	2 x 7.0	2 x 7.0								
Ancho de corona	m	4.0					6.0					7.0					9.0					12.0	22.0	2 x 11.0								
Ancho de acotamientos	m	Na					Na					0.5					1.0					2.5	2.0	5								
Ancho de faja separadora central	m	Na					Na					Na					Na					Na	Na	ND								
Bombeo	%	3					3					2					2					ND	ND	ND								
Sobrelevación máxima	%	10					10					10					10					ND	ND	ND								

Fuente: *Un análisis económico sobre el uso del concepto de confiabilidad, en relación con algunos elementos del proyecto geométrico de carreteras.* IMT, 2008.

4.2 Nota técnica sobre mantenimiento

Mantenimiento y conservación por tipo de superficie de pavimento²².

4.2.1 Terracerías

Nivel de Mantenimiento	Descripción	Periodicidad
<i>Rutinario</i>	<i>Mantenimiento básico que incluye la limpieza general y reparación de pequeños desperfectos de la superficie de rodamiento del tramo.</i>	<i>Anual desde el inicio de operaciones.</i>
<i>Periódico</i>	<i>Mantenimiento de base, rehabilitación de obras hidráulicas, rectificación y reforzamiento de taludes</i>	<i>Cada 4 años</i>
<i>Reconstrucción</i>	<i>Consiste en reparar y reponer toda la estructura de la superficie de rodamiento.</i>	<i>Cada 15 años aproximadamente.</i>
<i>Principales conceptos a considerar</i>		
<i>Rutinario</i>	<i>Terracerías</i> <ul style="list-style-type: none"> ▪ <i>Desyerbe</i> ▪ <i>Relleno de deslaves</i> ▪ <i>Limpieza de derrumbes</i> 	
	<i>Obras de drenaje</i> <ul style="list-style-type: none"> ▪ <i>Limpieza de cunetas y contracunetas</i> ▪ <i>Retiro de animales muertos</i> ▪ <i>Recolección de basura</i> ▪ <i>Reposición de cunetas y contracunetas</i> 	
	<i>Superficie de rodamiento</i> <ul style="list-style-type: none"> ▪ <i>Bacheo profundo aislado</i> ▪ <i>Bacheo superficial aislado</i> ▪ <i>Renivelaciones aisladas</i> 	

²² Fuente: Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT)

Nivel de Mantenimiento	Descripción	Periodicidad
<i>Periódico</i>	<i>Rectificación y reforzamiento de taludes</i>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Aseguramiento de taludes ▪ Cambio en ángulos de inclinación del talud ▪ Limpieza de derrumbes
	<i>Superficie de rodamiento</i>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Bacheo profundo aislado ▪ Bacheo superficial aislado
	<i>Obras de drenaje</i>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Cunetas y contracunetas
<i>Reconstrucción</i>	<i>Terracerías</i>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Arrope de taludes ▪ Formación y compactación de terraplenes ▪ Compactación de la cama de los cortes
	<i>Obras de drenaje</i>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Cunetas y contracunetas
	<i>Pavimentos</i>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Construcción de sub-base ▪ Recuperación y formación de base

4.2.2 Asfalto

Nivel de Mantenimiento	Descripción	Periodicidad
<i>Rutinario</i>	<i>Mantenimiento básico que incluye la limpieza general y reparación de pequeños desperfectos de la superficie de rodamiento del tramo.</i>	<i>Anual desde el inicio de operaciones.</i>
<i>Periódico</i>	<i>Aplicación periódica de dos tipos de conservación:</i>	
	<ul style="list-style-type: none"> 1) <i>Bacheo general y riego de sello</i> 2) <i>Tendido de carpeta.</i> 	<ul style="list-style-type: none"> 1) <i>Cada 4 años</i> 2) <i>Cada 8 años</i>

Nivel de Mantenimiento	Descripción	Periodicidad
<i>Reconstrucción</i>	<i>Consiste en reparar y reponer toda la estructura de la superficie de rodamiento.</i>	<i>Cada 15 años aproximadamente.</i>
<i>Principales conceptos a considerar</i>		
<i>Rutinario</i>	<i>Terracerías</i>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ <i>Desyerbe</i> ▪ <i>Relleno de deslaves</i> ▪ <i>Derrumbes</i>
	<i>Obras de drenaje</i>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ <i>Limpieza de alcantarillas</i> ▪ <i>Retiro de animales muertos</i> ▪ <i>Recolección de basura</i> ▪ <i>Reposición de alcantarilla</i> ▪ <i>Reposición y limpieza de colectores</i> ▪ <i>Concreto hidráulico en reparaciones</i>
	<i>Pavimentos</i>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ <i>Bacheo profundo aislado</i> ▪ <i>Bacheo superficial aislado</i> ▪ <i>Riego de protección</i> ▪ <i>Renivelaciones aisladas</i> ▪ <i>Tratamiento superficial monocapa</i> ▪ <i>Sellado de grietas</i>
	<i>Señalamiento</i>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ <i>Pintado de raya y reposición de señales</i>
<i>Periódico (bacheo y riego de sello)</i>	<i>Obras de drenaje y señalamiento</i>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ <i>Pintado de raya</i> ▪ <i>Violetas e indicadores de alineamiento</i>
	<i>Pavimentos</i>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ <i>Bacheo profundo aislado</i> ▪ <i>Bacheo superficial aislado</i> ▪ <i>Carpeta de un riego con emulsión modificada con polímeros</i>

Nivel de Mantenimiento	Descripción	Periodicidad
<i>Periódico (sobrecarpeta)</i>	<i>Obras de drenaje y señalamiento</i>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Mampostería de 3a clase ▪ Cunetas de concreto hidráulico de F'C= 150 Kg/Cm² ▪ Pintado de raya ▪ Vialitas e indicadores de alineamiento
	<i>Pavimentos</i>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Bacheo profundo aislado ▪ Bacheo superficial aislado ▪ Carpeta de concreto asfáltico con asfalto grado PG
<i>Reconstrucción</i>	<i>Terracerías</i>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Arrope de taludes ▪ Formación y compactación de terraplenes ▪ Compactación de la cama de los cortes
	<i>Obras de drenaje y señalamiento</i>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Mampostería de 3a clase ▪ Cunetas de concreto hidráulico de F'C= 150 Kg/Cm² ▪ Concreto hidráulico de F'C= 200 Kg/Cm² en reparaciones ▪ Pintado de raya ▪ Vialitas e indicadores de alineamiento
	<i>Pavimentos</i>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Construcción de sub-base ▪ Recuperación y formación de base ▪ Construcción de base estabilizada con cemento Portland ▪ Carpeta de concreto asfáltico con asfalto grado PG ▪ Carpeta de un riego con emulsión modificada con polímeros

4.3 Cuantificación y valoración del beneficio por incremento en la producción

El beneficio por incremento en la producción se calcula a través del Excedente del Productor resultante de los nuevos niveles de producción en la zona relevante. Este se obtiene del diferencial entre el valor neto de la producción en la situación con proyecto y sin proyecto como se describe a continuación:

1. En la situación sin proyecto se utilizan los patrones de producción actuales y las optimizaciones identificadas. Esto con la finalidad de no atribuir al proyecto beneficios que no le corresponden.
2. En la situación con proyecto, se proponen patrones de cultivo respaldados por información histórica y estudios de mercado. Adicionalmente, se calcula la superficie a incorporar y la producción adicional.
3. Se considera la tasa de incorporación de las nuevas superficies productivas, ya que el beneficio no es inmediato.
4. Para el cálculo del beneficio por incremento en la superficie se utiliza la siguiente expresión:

$$\Delta EP = \sum_{i=1}^n (P_i - C_i) * (Q_{i1} - Q_{i0})$$

En donde:

1. Q_{i0} es la cantidad del producto i en la situación sin proyecto
2. Q_{i1} es la cantidad del producto i en la situación con proyecto
3. P_i es el precio por unidad de medida del producto i
4. C_i es el costo de producción por unidad de medida del producto i en la superficie incorporada
5. EP es el Excedente del Productor
6. n es el número de productos elaborados en la zona relevante

4.4 Anualización de los costos de mantenimiento y operación

La anualidad de los costos de mantenimiento y operación se calcula utilizando la siguiente fórmula.

$$VPC = \sum_{t=1}^n \frac{C_t}{(1+r)^t}$$

Donde:

- t es el año, 1 se refiere al primer año de operación
- n es el número de años de la etapa de operación del proyecto
- C_t es costo de mantenimiento y operación en el año t
- r es la tasa social de descuento

Una vez que se tiene el VPC, se calcula la anualidad (A) de la siguiente manera:

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

De acuerdo a lo anterior, el flujo neto en cada año es igual a los beneficios totales menos la anualidad de los costos (A). Los flujos netos calculados de esta forma se usan para obtener la TRI.

5. Glosario

Para efectos del presente documento se entenderá por:

- i. **Beneficio social:** Es el incremento en el bienestar de la sociedad derivado de la ejecución de un Proyecto o Programa de Inversión (PPI).
- ii. **Camino alimentador:** Es una vía que distribuye el tránsito de diversos caminos rurales hacia una o varias carreteras.
- iii. **Camino productivo:** Es un camino rural cuyo tránsito se destina en su mayoría a dar soporte a las actividades productivas realizadas en su zona de influencia.
- iv. **Camino rural:** Es un camino que conecta una población rural con otra población o con otra vía, ya sea otro camino rural, un alimentador o una carretera.
- v. **Costo de Operación Vehicular (COV):** El COV mide en términos monetarios el consumo que le representa al usuario circular por un camino rural o alimentador. La unidad con que se expresa es pesos por kilómetro recorrido (\$/km).
- vi. **Costos directos:** Son aquellos costos relacionados con la producción y el consumo de bienes y/o servicios producidos por el PPI.
- vii. **Costos indirectos:** Son aquellos costos derivados de la ejecución y operación de un PPI que tienen un impacto en la producción y consumo de bienes y/o servicios en mercados relacionados con dicho proyecto.
- viii. **Costo Generalizado de Viaje (CGV):** Método de valuación indirecto que utiliza los costos de viaje a un área determinada para estimar el valor de la actividad. El método incluye la valoración del tiempo empleado en el viaje o el tiempo de recorrido, así como los COV.
- ix. **Costo por molestia:** Es el incremento temporal de los CGV durante el tiempo de ejecución del proyecto, debido al cierre de tramos durante la ejecución del mismo.

- x. **Costo social:** Es el costo total de un PPI que es asumido por la sociedad.
- xi. **Horizonte de Evaluación:** Es la extensión de tiempo que se toma en cuenta para la evaluación socioeconómica, incluye el periodo de construcción y la vida útil.
- xii. **Proyecto de inversión:** Son 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 activos²³.
- xiii. **Tasa social de descuento:** Es la tasa a la cual se descuentan los flujos de efectivo futuros de un PPI público.
- xiv. **VOC-MEX 3.0:** Es un programa de cómputo basado en el modelo VOC desarrollado por el Banco Mundial, el cual fue adaptado a las características de los vehículos que circulan por la red carretera de México. Se utiliza para el cálculo del COV.
- xv. **Vida útil:** Es la duración estimada que un activo puede tener, cumpliendo correctamente con las funciones para las que fue creado.

²³Lineamientos para la Elaboración y Presentación de los Análisis Costo y Beneficio de los Programas y Proyectos de Inversión, Definiciones.

6. Bibliografía

Campos, Javier, and Ginés de Rus. "Evaluación Económica de Proyectos de Transporte: El Modelo de Referencia." *Evaluación Económica de Proyectos de Transporte*. CEDEX, 6 Feb 2009. Web. 20 Ene 2010. <www.evaluaciondeproyectos.es>.

Guide to Cost Benefit Analysis in Transport Canada. Economic Evaluation and Cost Recovery, 1994.

De Rus Mendoza, Ginés, Ofelia Betancor Cruz, and Javier Campos Méndez. *Manual de evaluación económica de proyectos de transporte*. Washington, D.C.: Banco Interamericano de Desarrollo, 2006.

Centro de Estudios para la Preparación y Evaluación Socioeconómica de Proyectos. *Guía general para la preparación y presentación de estudios de evaluación socioeconómica de proyectos carreteros*. Segunda Edición. México: Banco Nacional de Obras y Servicios Públicos, S.N.C., Nov 2004.

Guide to cost-benefit analysis of investment projects. Evaluation Unit, DG Regional Policy, European Commission, 2008.

Torres, Guillermo, y Hernández, Salvador. "Estimación del valor del tiempo de los ocupantes de los vehículos que circulan por la red carretera de México, 2010." NOTAS, Instituto Mexicano del Transporte. 123 (2010).

Cal y Mayor, Rafael, y Cárdenas, James. *Ingeniería de Tránsito*. 8a. Alfaomega, 2007

Rivera, César, y Mendoza, Alberto. "Costo-beneficio de medidas de seguridad." NOTAS, Instituto Mexicano del Transporte 117. (2009). 1 Jun 2010.

Torres, Guillermo, y Hernández, Salvador. "Propuesta metodológica para la estimación del valor del tiempo de los usuarios de la infraestructura carretera en México, el caso del transporte de pasajeros". 291. Sanfandila, Qro.: Instituto Mexicano del Transporte, 2006.

Soto, Rafael, Mendoza, Alberto, y Gutiérrez, José Luis. *Un análisis económico sobre el uso del concepto de confiabilidad, en relación con algunos elementos del proyecto geométrico de carreteras*. México. Instituto Mexicano del Transporte, 2008.

Torres, Guillermo, Salvador Hernández, José Arturo Pérez, and Martha Lelis. "Modernización de Caminos Rurales: La Evaluación Económica como Herramienta en la Toma de Decisiones." 216. Sanfandila, Qro.: Instituto Mexicano del Transporte, 2002.

Torres, Guillermo, y Pérez, Jose A. "Métodos de asignación de tránsito en redes regionales de carreteras: dos alternativas de solución". 214. Sanfandila, Qro.: Instituto Mexicano del Transporte, 2002.

Centro de Estudios para la Preparación y Evaluación Socioeconómica de Proyectos. *Guía general para la presentación de estudios de evaluación socioeconómica de programas y proyectos de inversión*. México: Banco Nacional de Obras y Servicios Públicos, S.N.C., Sep. 2008.

