



## **METODOLOGÍA DE EVALUACIÓN PARA CAMINOS RURALES**

**MARZO 2009**

## ÍNDICE

<b>INTRODUCCIÓN</b>	<b>I</b>
<b>CAPÍTULO I METODOLOGÍA PARA LA EVALUACIÓN SOCIOECONÓMICA DE CAMINOS RURALES</b>	<b>1</b>
1.1 IDENTIFICACIÓN, CUANTIFICACIÓN Y VALORACIÓN DE BENEFICIOS	1
1.1.1 <i>BENEFICIOS EN ACTIVIDADES RELACIONADAS CON LA PRODUCCIÓN</i>	2
1.1.2 <i>BENEFICIOS EN ACTIVIDADES NO RELACIONADAS CON LA PRODUCCIÓN</i>	11
1.1.3 <i>RESUMEN DE BENEFICIOS</i>	11
1.2 IDENTIFICACIÓN, CUANTIFICACIÓN Y VALORACIÓN DE COSTOS	12
1.3 ESTIMACIÓN DE LA OFERTA Y LA DEMANDA	14
1.3.1 <i>OFERTA</i>	14
1.3.2 <i>DEMANDA</i>	14
<b>CAPÍTULO II EVALUACIÓN DE UN PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN DE UN CAMINO RURAL</b>	<b>15</b>
2.1 INTRODUCCIÓN	15
2.2 SITUACIÓN ACTUAL	16
2.2.1 <i>OFERTA ACTUAL</i>	16
2.2.2 <i>DEMANDA ACTUAL</i>	17
2.2.3 <i>INTERACCIÓN DE LA OFERTA Y LA DEMANDA</i>	18
2.2.4 <i>OPTIMIZACIONES</i>	20
2.3 SITUACIÓN SIN PROYECTO	21
2.4 SITUACIÓN CON PROYECTO	22
2.4.1 <i>DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO</i>	22
2.4.2 <i>INTERACCIÓN OFERTA Y DEMANDA</i>	23
2.5 EVALUACIÓN DEL PROYECTO	25
2.5.1 <i>IDENTIFICACIÓN, CUANTIFICACIÓN Y VALORACIÓN DE COSTOS</i>	25
2.5.2 <i>IDENTIFICACIÓN, CUANTIFICACIÓN Y VALORACIÓN DE BENEFICIOS</i>	25
2.5.3 <i>INDICADORES DE RENTABILIDAD</i>	26

2.6 CONCLUSIÓN

27

**ANEXO PARÁMETROS DEL MODELO VOC-MEX III**

**29**

## INTRODUCCIÓN

Para el año 2005, la población rural en México representaba el 23.5% de la población total, es decir, 24.27 millones de personas, las cuales se encontraban distribuidas en localidades cuya población es menor a 2,500 personas<sup>1</sup>. Las principales actividades económicas que realizan son de autoconsumo, destacando la agricultura, la ganadería y la pesca.

La infraestructura vial que se encuentra en la mayoría de estas localidades son brechas, terracerías y caminos revestidos. Los costos de tránsito y transporte por estas vías son relativamente “altos” comparados con el nivel de servicio que ofrece una carretera federal. Por ello, con el fin de reducir los costos de transporte de estas localidades, las diferentes dependencias gubernamentales han venido proponiendo proyectos de mejoramiento y construcción de vialidades rurales. No obstante, como cualquier proyecto de inversión, se debe verificar si llevarlo a cabo es conveniente o no para el país.

En este sentido, el Centro de Estudios para la Preparación y Evaluación de Proyectos (CEPEP), se ha dado a la tarea de elaborar una metodología costo-beneficio para evaluar socialmente los proyectos que impliquen el mejoramiento o la construcción de caminos rurales. La elección de este tipo de metodología (costo-beneficio), se debe a que permite comparar de igual manera y objetivamente, las diferentes propuestas de proyecto que se puedan recibir.

Para desarrollar esta metodología se presentan dos capítulos. En el primero, se describirán los fundamentos económicos de la metodología propuesta, esto es, la identificación, cuantificación y valoración de costos y beneficios, así como la estimación de la oferta y la demanda para este tipo de proyectos. En el segundo,

---

<sup>1</sup> Sitio de internet del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI): [http://cuentame.inegi.gob.mx/poblacion/rur\\_urb.aspx?tema=P](http://cuentame.inegi.gob.mx/poblacion/rur_urb.aspx?tema=P).



se presentará un ejemplo de evaluación de un proyecto de infraestructura vial en una zona rural.

## **CAPÍTULO I METODOLOGÍA PARA LA EVALUACIÓN SOCIOECONÓMICA DE CAMINOS RURALES**

Este capítulo tiene como propósito presentar una metodología que permita formular, preparar y evaluar proyectos de construcción o mejoramiento de caminos rurales. La idea es tener una herramienta objetiva que permita tomar decisiones con base en la priorización de este tipo de proyectos de acuerdo a su nivel de rentabilidad.

La metodología que se desarrollará es costo – beneficio, por lo que se identificarán, cuantificarán y valorarán los costos y beneficios que tienen estos proyectos, con el fin de calcular los indicadores pertinentes que permitirán seleccionar aquellos proyectos que sean los más convenientes (rentables).

### **1.1 Identificación, cuantificación y valoración de beneficios**

En zonas rurales donde se ejecutan proyectos que mejoran la infraestructura vial, el principal beneficio que se produce es la reducción de los costos de transporte. Esta disminución, se materializa en todas las actividades que se realicen en la zona del proyecto y que estén relacionadas con el mercado de transporte. Es decir, si los productores utilizan camiones de carga para trasladar su mercancía a centros de distribución o puntos finales de venta, la disminución en los costos de transportes se verá reflejada en una mayor rentabilidad de las actividades que realizan, ya que pagarán menores costos de flete; asimismo, la población que habita en estas zonas, pero que realiza actividades no relacionadas con la producción y que utiliza la infraestructura vial para trasladarse a diferentes puntos de interés (escuelas, hospitales, centros recreativos, etc), también tendrán beneficios por la reducción de los costos de transporte y ahorros en el tiempo de traslado.

En este sentido, para desarrollar la identificación, cuantificación y valoración de beneficios, se dividirá esta sección en tres partes. En la primera y la segunda, se desarrolla la manera en cómo se trasladan los beneficios por disminución en costos de transporte, a las actividades productivas<sup>2</sup> y no productivas<sup>3</sup>, respectivamente. En la tercera parte, se desarrolla un resumen de la interrelación que tiene los beneficios de los dos grupos de actividades antes mencionadas.

### **1.1.1 Beneficios en actividades relacionadas con la producción**

Como se mencionó, las actividades productivas y el mercado de transporte se encuentran relacionados por los costos de traslado de insumos y mercancías, por lo que una reducción de estos se puede estimar en cualquiera de los dos mercados antes mencionados. En el mercado de transporte, los dueños de los vehículos de carga incurrirán en menores costos de operación, ya que los vehículos tendrán un menor desgaste, consumirán menos combustible, y su mantenimiento se reducirá. Lo anterior se resume en que este mercado se vuelve más rentable. Por otro lado, en el mercado de actividades productivas, se espera que si el mercado de transporte es competitivo, el costo del flete por traslado de insumos y mercancías se reduzca, con lo que se podrían tener mayores ganancias en la producción.

Por lo tanto, la reducción en costos de operación en el mercado de transporte se puede estimar por medio de la disminución en el costo de flete para el mercado de actividades productivas y de manera viceversa. Es decir, estos beneficios son iguales y no deben sumarse.

Así como existen dos maneras de identificar los beneficios por menores costos de transportación, para realizar la cuantificación se recomienda hacerlo por medio del

---

<sup>2</sup> Las actividades productivas son aquellas que están relacionadas con la producción de cierto bien.

<sup>3</sup> Las actividades no productivas se refieren a todas aquellas que se realizan independientemente de la producción.

incremento en el excedente del productor o por el aumento en el precio de los terrenos. La primera se refiere al hecho de que con menores costos de transporte, los productores realizan su actividad de un modo más eficiente y por lo tanto, más rentable; la segunda, parte del hecho de que con una mayor accesibilidad de cierta zona, el precio de los terrenos que ahí se localizan debe aumentar, no obstante, esto dependerá de la situación competitiva en que se encuentre el mercado de bienes raíces.

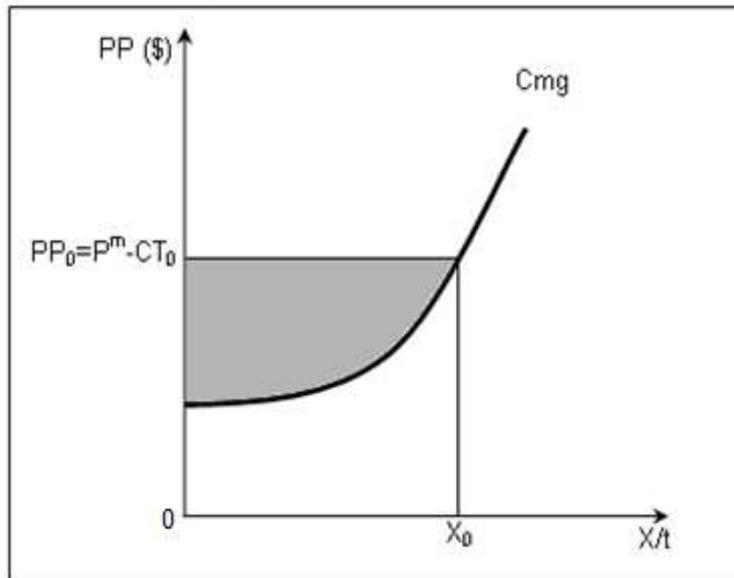
A continuación, se describirá la manera en que se cuantifica y valora el beneficio de las actividades relacionadas con la producción debido a la reducción en los costos de transporte, de las dos maneras antes mencionadas.

### **I. Excedente del productor**

Para desarrollar este punto, se presentará gráficamente el excedente del productor y los cambios en que éste incurre al reducirse los costos de transporte.

En figura 1.1, se representa en el eje de las abscisas la cantidad producida ( $X$ ) por unidad de tiempo de un productor representativo, mientras que en el eje de las ordenadas se muestra el precio ( $PP$ ), el cual se compone por el precio de mercado ( $P^m$ ) y los costos ( $CT$ ) por unidad transportada. Asimismo, la curva  $Cmg$  representa el costo marginal de producir cada  $X$  unidades, mientras que  $PP_0$  es el precio que se obtiene por vender  $X_0$  unidades. Finalmente, el área sombreada representa el excedente del productor, el cual es el resultado del diferencial entre el beneficio económico que recibe el productor por la venta de su mercancía y los costos en que incurre para producirla.

**Figura 1.1** Excedente económico de un productor representativo

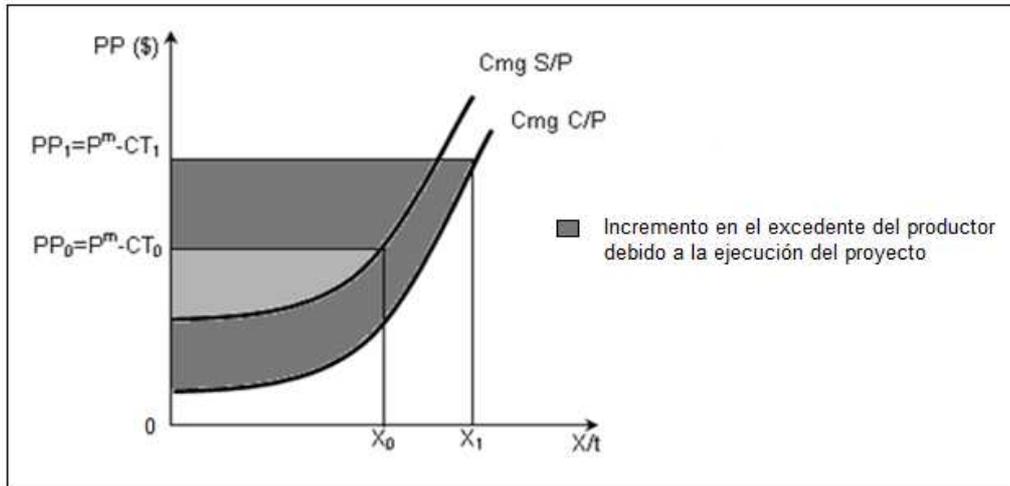


Fuente: Elaboración propia.

Por lo tanto, si se ejecuta un proyecto de mejoramiento vial en la zona donde se encuentra este productor representativo, es de esperarse que el excedente que éste obtenga sea mayor, debido a tres posibles efectos (véase figura 1.2):

- Aumento en el precio final recibido por los productores, debido a la reducción de los costos de transporte ( $PP_1 > PP_0$ ).
- Disminución del Cmg de producción, ya que el costo de transportar los insumos disminuye ( $Cmg \text{ sin proyecto} > Cmg \text{ con proyecto}$ ).
- Incremento en el nivel de producción a consecuencia de la disminución de los costos de transporte ( $X_1 > X_0$ ).

**Figura 1.2** Beneficios por el mejoramiento de la infraestructura vial rural



Fuente: Elaboración propia con base en la metodología internacionalmente aceptada.

En la figura 1.2, se representa al costo marginal del productor en la situación sin proyecto con la curva Cmg S/P, mientras que el costo marginal de producción una vez ejecutado el proyecto es la curva Cmg C/P. Como se mencionó, el Cmg S/P está por encima del Cmg C/P debido a que se espera que los productores reduzcan sus costos de adquirir insumos al mejorar la infraestructura vial. Asimismo, en la figura se presenta como  $PP_0$  al precio final que obtiene el productor en la situación sin proyecto, mientras que  $PP_1$  es el precio final para la situación con proyecto;  $PP_1 > PP_0$ , ya que el costo de transportar la producción en la situación sin proyecto ( $CT_0$ ) es mayor al de la situación con proyecto ( $CT_1$ ). Finalmente, se tiene un efecto de mayor producción, el cual es consecuencia de la disminución de los costos de transporte.

En resumen, los efectos antes descritos constituyen el incremento en el excedente del productor, una vez ejecutado el proyecto.

En la práctica, para cuantificar y valorar los beneficios antes descritos se realiza la siguiente clasificación:

- Beneficios en la producción normal: Se refiere a aquellos beneficios que se obtienen de la producción que se realiza en la situación sin proyecto y su equivalente en la situación con proyecto. En la figura 1.2, la producción normal se calcula a partir del diferencial ( $X_0 - 0$ ).
- Beneficios en la producción generada: Estos beneficios se deben a la producción que se realiza en la situación con proyecto debido al mejoramiento de la infraestructura vial y que en la situación sin proyecto no se generaba. Gráficamente, en la figura 1.2 esta producción es el resultado del diferencial entre  $X_1$  y  $X_0$ .

#### **a) Cuantificación y valoración de los beneficios por la producción normal**

Este beneficio se puede estimar de dos maneras: Por medio del excedente del productor o por el diferencial en Costos Generalizados de Viaje (CGV)<sup>4</sup> para las situaciones con y sin proyecto.

##### **Estimación por excedente del productor:**

Debido a la complejidad de estimar las curvas de  $C_{mg}$  y por consiguiente de calcular el incremento en el excedente del productor, se recomienda que para calcular los beneficios de la producción normal, se obtengan las curvas de costo medio ( $C_{me}$ ) para la situación con y sin proyecto. Lo anterior se debe a la relación que tienen estas dos curvas al estimar el excedente del productor:

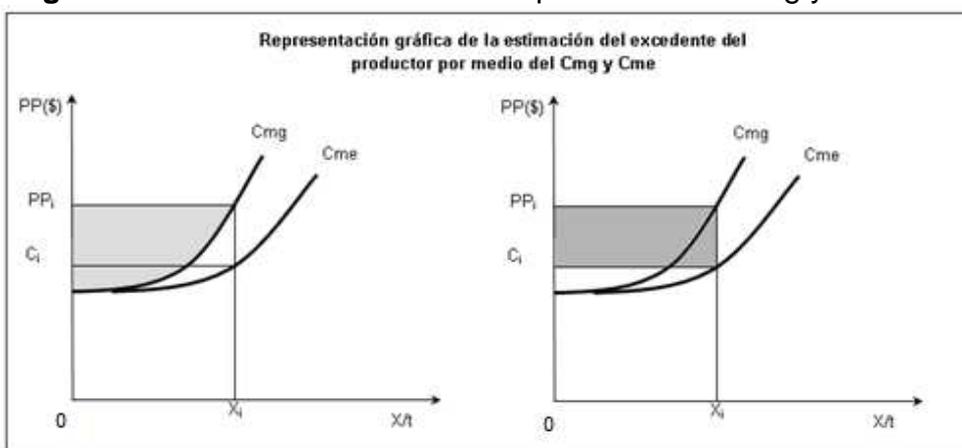
---

<sup>4</sup> Los CGV son costos que incluyen el desgaste que tiene un vehículo al circular por cierto camino, así como el costo del tiempo en que incurren los tripulantes de éste. El programa computacional más utilizado para estimarlos es el modelo VOC-MEXIII.

$$EP_i = ((PP_i * X_i) - \int_0^{X_i} Cmg) \approx (PP_i - C_i) * X_i$$

Donde  $EP_i$  es el excedente del productor,  $PP_i$  representa el i-ésimo precio final obtenido por la i-esima unidad  $X_i$  producida y  $C_i$  es el i-ésimo costo medio en el que se incurre por producir la  $X_i$  unidad (véase figura 1.3).

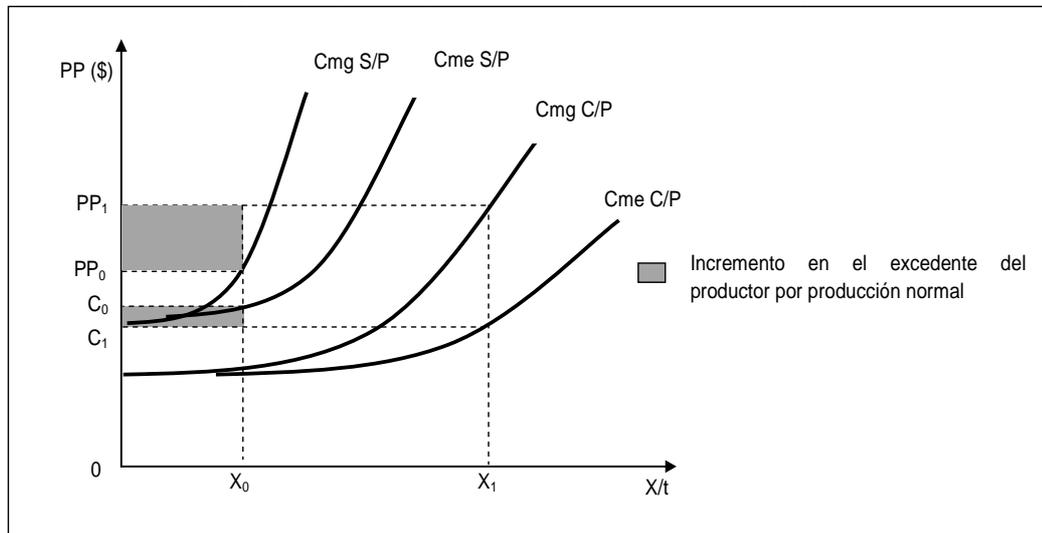
**Figura 1.3** Estimación del excedente por medio del Cmg y el Cme



Fuente: Elaboración propia.

Por lo tanto, si se ejecuta un proyecto de mejoramiento de la infraestructura vial, el cambio en el excedente por la producción normal se podría representar gráficamente de la siguiente manera (véase figura 1.4):

**Figura 1.4** Representación gráfica del incremento en el excedente del productor por la producción normal



Fuente: Elaboración propia.

Para calcular el incremento en el excedente del productor por la producción normal, se puede utilizar la siguiente fórmula:

$$\Delta EP_{X_0} \approx [(PP_1 - C_1) - (PP_0 - C_0)] * X_0$$

Donde:

- $\Delta EP_{X_0}$  representa el cambio generado en el excedente del productor por las  $X_0$ , es decir, por la producción normal.
- $PP_0$  es el precio final por unidad obtenido por productor en la situación sin proyecto.
- $PP_1$  es el precio final por unidad obtenido por productor en la situación con proyecto.
- $C_0$  es el costo medio de producir  $X_0$  unidades en la situación sin proyecto.
- $C_1$  es el costo medio de producir  $X_0$  unidades en la situación con proyecto.

Si se prefiere estimar por medio del diferencial en CGV, entonces se debe estimar el tránsito normal que se utiliza para transportar las  $X_0$  unidades y calcular los CGV que tendrá para las situaciones con y sin proyecto.

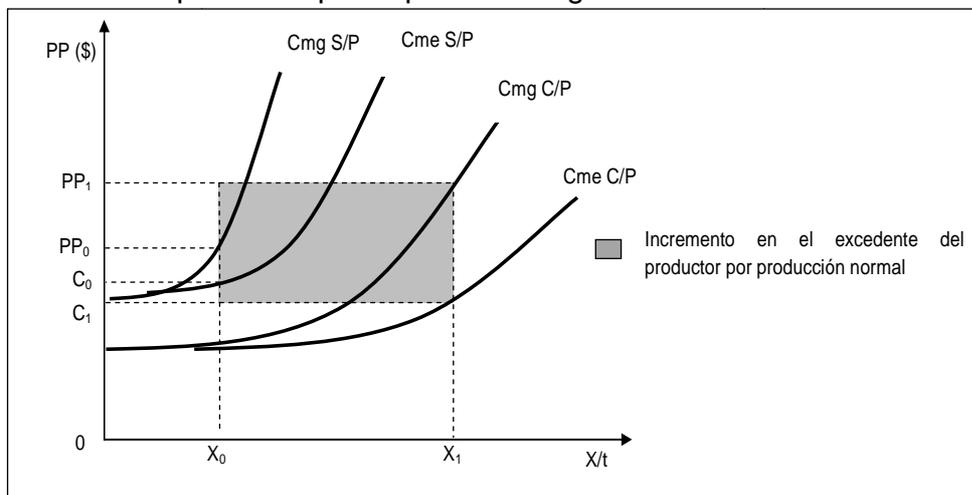
Las anteriores formas de obtener los beneficios por la producción normal son equivalentes y no deben sumarse. Es decir, el mercado de transporte y el de actividades productivas están relacionados debido a que ésta última depende de la primera para llevar su producto final a estaciones de distribución o al punto final de venta. De ahí, que si se mejora la infraestructura vial rural, los beneficios que ésta produce se pueden ver desde el mercado de actividades productivas (mayor excedente económico) o desde el mercado de transporte (menores costos de transporte).

#### **b) Beneficios por la producción generada**

La manera de calcular este beneficio es por medio del excedente del productor resultante de producir  $X_1 - X_0$  unidades. Para estimarlo, se utilizan al igual que en el inciso a), los costos medios y la siguiente fórmula (véase figura 1.5):

$$\Delta EP_{X_1 - X_0} \approx (PP_1 - C_1) * (X_1 - X_0)$$

**Figura 1.5** Representación gráfica del incremento del excedente del productor por la producción generada



Fuente: Elaboración propia.

## II. Precio de la tierra

Esta manera de estimar los beneficios está dada por el incremento en el precio de la tierra que se espera obtener por las mejores condiciones de accesibilidad de la zona donde se realice el proyecto. La manera de cuantificar y valorar este beneficio es por medio del número de hectáreas que incrementarán su precio por la ejecución del proyecto, el cual se multiplicará por el diferencial de precio para la situación sin y con proyecto. Este beneficio es una aproximación del cambio en el excedente del productor descrito en el inciso I, porque se espera que el incremento en precios refleje los beneficios esperados por los dueños de la tierra por las actividades que estos realicen. Por lo anterior, el beneficio descrito en I, no puede sumarse al beneficio estimado por el incremento en el precio de la tierra, ya que son independientes.

Cabe señalar, que el CEPEP no recomienda estimar los beneficios de esta manera, debido a que comúnmente el mercado de bienes raíces en estas zonas no está muy desarrollado, provocando que los precios de la tierra no

sean competitivos, por lo que no reflejan las ganancias netas futuras que se podrían obtener por el uso de la tierra.

### **1.1.2 Beneficios en actividades no relacionadas con la producción**

Adicional al beneficio que se genera en las actividades relacionadas con la producción, existen beneficios para aquellas personas que utilizan la infraestructura vial para realizar traslados que no están relacionados con las actividades de producción, tal es el caso del traslado de personas a escuelas, hospitales, zonas recreativas, etc.

Estas actividades también se ven beneficiadas por el mejoramiento de la infraestructura vial, ya que los costos de transporte en los que incurrirán serán menores. La manera de cuantificar este beneficio es por medio de la estimación del número de vehículos que se utilizan para transportar a las personas a las diferentes actividades no relacionadas con la producción. La valoración se realiza con el diferencial en CGV para la situación con y sin proyecto, multiplicado por el número de vehículos antes mencionado. Cabe señalar, que no deben mezclarse estas estimaciones de tránsito con las que se realizan en el punto 1.1.1, ya que se estarían duplicando beneficios.

### **1.1.3 Resumen de beneficios**

A continuación, se presenta un cuadro resumen de los beneficios obtenidos al mejorar los caminos rurales, incluyendo tres opciones de estimarlos, considerando cuáles se pueden sumar y cuáles no (véase cuadro 1.1).

**Cuadro 1.1** Opciones para determinar los beneficios de proyectos de mejoramiento y construcción de caminos rurales

Actividad / Opción	I	II	III
Relacionadas con la producción	Beneficio de la producción normal estimado por excedente del productor	Beneficio de la producción normal estimado por el ahorro en CGV	Beneficio estimado por el cambio en el precio de la tierra
	Beneficio de la producción generada estimado por excedente del productor	Beneficio de la producción generada estimado por excedente del productor	
No relacionadas con la producción	Beneficio para actividades no relacionadas con la producción medido por el ahorro en CGV	Beneficio para actividades no relacionadas con la producción medido por el ahorro en CGV	Beneficio para actividades no relacionadas con la producción medido por el ahorro en CGV

Fuente: Elaboración propia con base en la identificación, cuantificación y valoración de beneficios antes presentada.

El CEPEP recomienda utilizar la opción II para realizar la evaluación del mejoramiento o construcción de un camino rural, ya que en la práctica se ha visto que es la manera más fácil de obtener la información necesaria para calcular los beneficios. Sin embargo, la opción a escoger dependerá del proyecto y de la información que se presente.

## 1.2 Identificación, cuantificación y valoración de costos

Para este tipo de proyectos, los costos que se han identificado son los de inversión, mantenimiento, molestias y ambientales.

### a) Costos de inversión

Se refiere a todos los recursos humanos y monetarios necesarios para construir o mejorar la infraestructura vial rural (terreno, materiales, mano de obra y equipo, entre otros). La manera de cuantificarlos y valorarlos es con el número de componentes a utilizar, multiplicado por su respectivo precio promedio de mercado.

### b) Costos de mantenimiento

Son los recursos destinados para mantener un nivel óptimo de servicio de la infraestructura vial rural. Al igual que los costos de inversión, la manera de cuantificar y valorar este costo es por medio del número de recursos

humanos y materiales necesarios para realizar el mantenimiento, multiplicado por su precio promedio de mercado.

**c) Costos de molestias**

Estos costos se consideran sólo si la construcción o mejoramiento del camino rural interrumpe el tránsito de los vehículos y personas. Para cuantificarlo y valorarlo se utiliza el número de vehículos afectados durante la construcción de la infraestructura, multiplicado por el aumento en CGV en que incurrén.

**d) Costos ambientales**

Se ha considerado que este tipo de proyectos tiene un impacto negativo al ambiente, debido a que se incentiva a una mayor producción que podría provocar sobreexplotación y contaminación de mantos acuíferos, erosión del suelo, entre otros.

Por su difícil cuantificación y valoración, se realizan manifestaciones ambientales en donde se especifican los daños que provoca el proyecto. De aquí, las autoridades ambientales determinan cuales son las acciones a llevar a cabo para mitigar los impactos que genera el proyecto, por ejemplo, se puede pedir que se siembre un determinado número de árboles por la construcción de un camino.

Los costos en los que se incurra para llevar a cabo las tareas de mitigación ambiental, deben ser incluidos en la evaluación del proyecto, ya que aunque realmente no miden el impacto ambiental son parte de los costos de inversión para ejecutar el proyecto.

### **1.3 Estimación de la oferta y la demanda**

#### **1.3.1 Oferta**

Al evaluar un camino localizado en una zona rural, la oferta está comprendida básicamente por las características que éste tiene, es decir, se debe detallar el tipo de terreno (plano, lomerío, montañoso), tipo de superficie de rodado (pavimentado o no pavimentado), ancho de corona, longitud, índice de rugosidad internacional (IRI), pendiente media ascendente y descendente, curvatura horizontal promedio, altitud del terreno y el número de carriles que se tengan por sentido de circulación. Estas características serán una parte de los insumos necesarios para calcular los costos de transporte de los vehículos que circulan por el camino, de acuerdo con la metodología descrita en las secciones anteriores.

#### **1.3.2 Demanda**

La demanda se compone por el número y tipo de vehículos que circulan por el camino, los cuales dependen de la actividad económica que se realice en la zona rural evaluada (agricultura, ganadería, turismo, pesca, etc). Por ejemplo, en el caso de la agricultura es conveniente estimar el número de vehículos de carga que se utilizarán para el traslado de la producción en época de cosecha; mientras que en zonas turísticas, se debería calcular el número de autobuses que se necesitan para trasladar a los turistas.

Por lo tanto, para calcular la demanda se debe realizar un trabajo de campo en donde se recolecte información sobre las actividades que se realicen y con ello, de la producción de bienes y servicios que éstas generen. Cabe señalar, que se deben incluir aquellas actividades que no necesariamente estén relacionadas con la producción de un bien o servicio, es decir, se deben considerar los traslados de personas a hospitales, escuelas, mercados, etc.

## **CAPÍTULO II**

### **EVALUACIÓN DE UN PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN DE UN CAMINO RURAL**

#### **2.1 Introducción**

La infraestructura vial con la que cuentan las poblaciones rurales para trasladarse a ciudades o poblados son brechas y terracerías. Comúnmente, esta infraestructura se encuentra en mal estado, debido a que no se realizan los mantenimientos adecuados acordes a las características climáticas, físicas y de tránsito de la zona en donde se encuentra. Lo anterior, provoca que estas poblaciones incurran en “altos” costos de transporte para conectarse a la red nacional de vialidades y realizar sus diversas actividades.

Una de las soluciones al problema antes descrito, es la construcción o modernización de los caminos rurales, lo cual permiten mejorar las condiciones de tránsito y así reducir los costos de transporte de personas y de carga.

En este capítulo se presenta, como ejemplo, el caso hipotético de la evaluación de un camino rural, con el objetivo de facilitar a instituciones y dependencias públicas la elaboración del estudio de evaluación requerido por la Unidad de Inversiones de la Secretaría de Hacienda y Crédito Pública (UISHCP) para proyectos que pretendan utilizar recursos públicos federales.

Por lo anterior, se describirá la situación actual, sin proyecto y con proyecto con el fin de presentar los elementos más importantes a considerar en la evaluación de este tipo de proyectos. Finalmente, se realiza la estimación de los indicadores de rentabilidad, para determinar si el proyecto presentado es conveniente (rentable) o no para el país.

Cabe señalar, que este ejemplo no se debe aplicar a cualquier evaluación de caminos rurales, ya que cada proyecto tiene particularidades que deben ser analizadas por separado.

## **2.2 Situación actual**

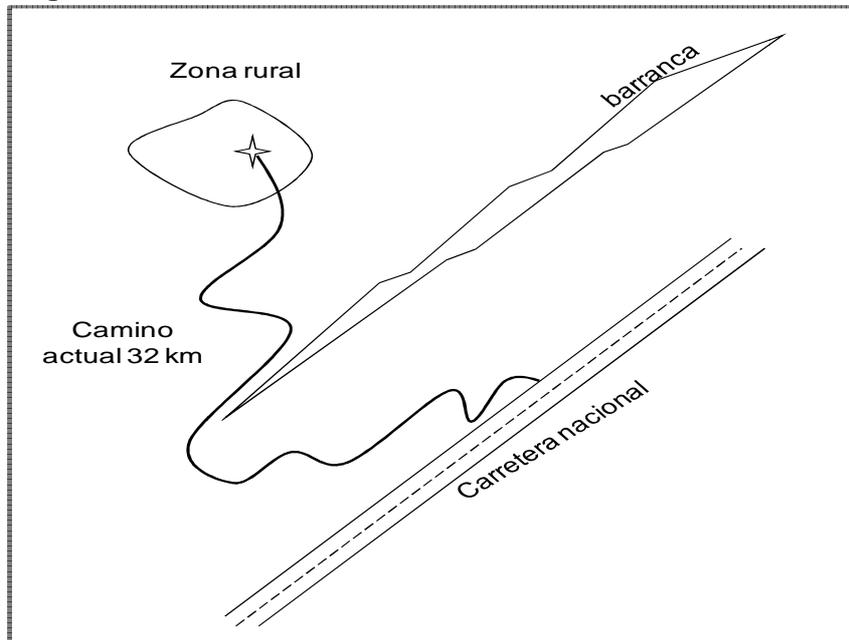
En esta sección se describirá la situación hipotética de un camino rural que sirve como vía de comunicación entre una zona productiva y cierta carretera nacional.

### **2.2.1 Oferta actual**

Se supondrá que existe un camino que permite comunicar a una zona rural productora de maíz con la red nacional de carreteras. Éste es una brecha que se sitúa en una zona de lomerío, tiene 4 metros de ancho de corona y su longitud es de 32 km. Su trazo se diseñó de tal manera que rodea a una barranca para poder llegar a su intersección con la carretera nacional (véase figura 2.1). Debido al estado del camino, los automóviles y camiones de carga no pueden circular, por lo que el traslado de mercancías y de personas se hace por medio de camionetas. El índice de rugosidad internacional (IRI) observado de esta vía es de 12 m/km.

Según los encargados del mantenimiento de este camino, debido al clima lluvioso de esta zona, se tienen que erogar anualmente 601,464 pesos para conservar un nivel adecuado de servicio del camino.

**Figura 2.1** Trazo actual del camino



Fuente: Elaboración propia con datos obtenidos durante la visita de campo.

### **2.2.2 Demanda actual**

La demanda para este camino proviene de la zona rural comprendida por diferentes localidades, que en su totalidad habitan 5,000 personas. El tamaño de esta zona es de 3,000 hectáreas, pero sólo 2,500 hectáreas son cultivadas. El tipo de agricultura que se practica es de temporal, por lo que los dueños de estas tierras sólo las trabajan 6 meses al año y los otros 6 meses se desplazan hasta las ciudades más cercanas para trabajar como peones en el sector de la construcción.

La productividad promedio de la zona cultivada es de 2.9 toneladas por hectárea (toneladas/hectárea), con lo cual se puede obtener una producción total de 7,250 toneladas al año.

De esta producción, parte se utiliza para autoconsumo de la zona y el resto se vende en los mercados de las ciudades más cercanas. El autoconsumo

representa 912.5 toneladas al año. (se considera que cada persona consume en promedio 0.5 kg al día ( $0.5 \times 365 \times 5,000 / 1,000$ )), con lo cual, la producción anual a vender es de 6,337.5 toneladas.

Para transportar la mercancía a vender se utilizan camionetas con redilas, las cuales hacen viajes de ida y vuelta a diferentes ciudades. Para estimar el tránsito promedio diario anual (TPDA) que circula por el camino, se cuantificó la carga diaria promedio transportada por las camionetas, y se dividió entre la producción diaria, resultando que en promedio se realizan 14 viajes por día ( $(6,337.5 / (365 \times 2.5)) = 6.9$ ), es decir, 7 camionetas realizan un viaje de ida y vuelta al día. Asimismo, se encontró que 10 camionetas con redilas hacen la función de autobuses, con las que llevan y traen diariamente personas de la zona rural a la ciudad; el TPDA estimado para este tipo de vehículo es de 20 viajes. Adicionalmente, algunos habitantes de la zona disponen de su propio vehículo, realizando en promedio 10 viajes por día.

En total, el TPDA estimado para el camino es de 44 viajes, lo que corresponde a un tránsito anual de 16,060 viajes.

A continuación, de acuerdo con la metodología empleada para esta evaluación, se realiza la interacción entre la oferta y la demanda antes descritas, con el fin de determinar la problemática u oportunidad de negocio que se pueda presentar en el camino rural analizado.

### **2.2.3 Interacción de la oferta y la demanda**

La relación que tienen la oferta y la demanda es el costo en el que incurren los vehículos por circular por el camino. La manera de estimarlo es por medio de los costos generalizados de viaje (CGV), los cuales se determinan por medio de dos componentes: el costo de operación y mantenimiento del vehículo y el costo del tiempo de las personas que transitan por el camino estudiado. El monto de los

costos dependerá de las características del camino (tipo de superficie, pendiente, curvatura, tipo de terreno, longitud, etc), de las del vehículo (tipo de vehículo, edad del parque vehicular, vida útil, velocidad promedio, etc) y de los costos unitarios (precio de la gasolina, de los lubricantes, costos del tiempo de los pasajeros y chóferes, entre otros).

Para el cálculo, se utilizó el modelo computacional VOC-MEX III, obteniendo los resultados mostrados en el cuadro 2.1. Cabe señalar, que se estimaron los CGV para los tipos de transporte utilizados en las actividades descritas en la sección anterior (transporte de mercancías, pasajeros y privado), utilizando los datos que se muestran en el anexo.

**Cuadro 2.1** Velocidad promedio y estimación de los CGV en la situación actual por tipo de vehículo (pesos 2009)

Concepto	Transporte de carga (camioneta con redilas)	Transporte de personas (camioneta con redilas)	Camionetas privadas (pick up)	Total
Velocidad promedio (km/hr)*	20	20	22	
CGV por km y por vehículo	10.38	14.94	8.93	-
TPDA (vehículos)	14	20	10	44
Longitud del trayecto (km)	32	32	32	32
CGV por día	4,650.24	9,561.60	2,857.60	17,069.44
CGV anual	1,543,629	3,179,296	937,904	5,660,829

\*Esta velocidad debe ser estimada en trabajo de campo. Se recomienda utilizar el método de placas, el cual consiste en instalar un grupo de personas al principio del camino y otro al final, las cuales anotan las placas y la hora de cruce de cada vehículo, estimando con ello la velocidad promedio y el aforo vehicular.

Fuente: Elaboración propia con datos obtenidos durante la visita de campo y el modelo VOC-MEX.

Con base en los resultados obtenidos, se considera que la problemática que tiene la población que utiliza este camino para trasladarse, son los costos de transporte relativamente “altos”, por lo que se tiene la propuesta de construir otro camino rural con un trazo menos sinuoso y más corto, con el fin de reducir los CGV.

Asimismo, con los datos obtenidos en el trabajo de campo, se estimó el excedente que se obtiene por producir tanto en la zona actualmente explotada como en la zona no explotada. Para realizar la estimación, se calculó la diferencia entre los ingresos y costos por hectárea (véase cuadro 2.2).

**Cuadro 2.2** Excedente de producción por tonelada en la situación actual (pesos 2009)

Tierra	Productividad (toneladas/hectárea)	Costo de producción por hectárea	Costo de producción por tonelada	Precio al productor por tonelada	Excedente de producción por tonelada
2,500 hectáreas cultivadas	2.9	5,754.0	1,984.1	2,468.0	483.9
500 hectáreas no explotadas	2.3		2,501.7		-33.7

Fuente: Elaboración propia con datos colectados durante la visita de campo.

Como se puede observar, de las 2,500 hectáreas en donde actualmente se produce, se obtiene un excedente de producción por tonelada de 483.9 pesos, mientras que si se produjera en las otras 500 hectáreas, habría una pérdida por hacerlo (-33.70 pesos). Debe tomarse en cuenta, que estas hectáreas no explotadas podrían incluirse, si los costos de producción y/o transporte fueran menores. Asimismo, se debe destacar que para la determinación del excedente del productor a precios sociales, se deben eliminar todos los subsidios que sean directos a la producción (PROCAMPO) o los subsidios a los insumos como al agua y diesel.

#### **2.2.4 Optimizaciones**

Una vez determinada la situación actual y la problemática que da origen a este proyecto, es necesario realizar las optimizaciones necesarias para no asignarle beneficios que no le corresponden y así obtener la situación sin proyecto. En este caso, se propone realizar una inversión menor (obras de bacheo) para mejorar la

carpeta actual de rodado, disminuyendo así los CGV de circular por el camino. La manera en que se refleja esta inversión es por medio de la disminución del índice de rugosidad internacional (IRI), pasando de 12 m/km a 10 m/km y un aumento en las velocidades promedio de circulación: 22 km/hr para transporte de carga y de personas y de 24 km/hr para camionetas privadas.

### 2.3 Situación sin proyecto

Con estas nuevas características se deben recalculan los CGV para cada tipo de vehículo para la situación actual optimizada, también llamada situación sin proyecto. (véase cuadro 2.3 y el anexo para los parámetros considerados en el modelo VOC-MEX III).

**Cuadro 2.3** Velocidades promedio y estimación de los CGV en la situación sin proyecto, pesos 2009.

Concepto	Transporte de carga (camioneta con redilas)	Transporte de personas (camioneta con redilas)	Camionetas privadas (pick up)	Total
Velocidad promedio (km/hr)	22	22	24	
CGV por km y por vehículo	9.44	13.61	8.03	
TPDA (vehículos)	14	20	10	44
Longitud del trayecto (km)	32	32	32	
CGV por día	4,229.12	8,710.40	2,569.60	15,509.12
CGV anual	1,543,629	3,179,296	937,904	5,660,829
Ahorro en CGV anual	153,709	310,688	105,120	569,517

Fuente: Elaboración propia con datos colectados durante la visita de campo y modelo VOC-MEX.

Las optimizaciones propuestas anteriormente permitieron lograr una disminución de los costos de transporte o ahorro en CGV de 569,517 pesos por año y en particular, un ahorro en el transporte de carga de 153,709 pesos.

Además de realizar los cálculos anteriores, se revisó si las hectáreas no explotadas podrían utilizarse en la situación sin proyecto para la producción,

debido a la reducción de los CGV. Sin embargo, esta reducción no es suficiente para hacer rentable el cultivo de estas hectáreas. La disminución en costos de transporte para los productores con las optimizaciones es de 24.25 pesos por tonelada ( $153,709/6,338=24.25$ ), lo que sigue aportando un excedente negativo al productor por tonelada de maíz de 9.45 pesos ( $-33.7+24.25$ ).

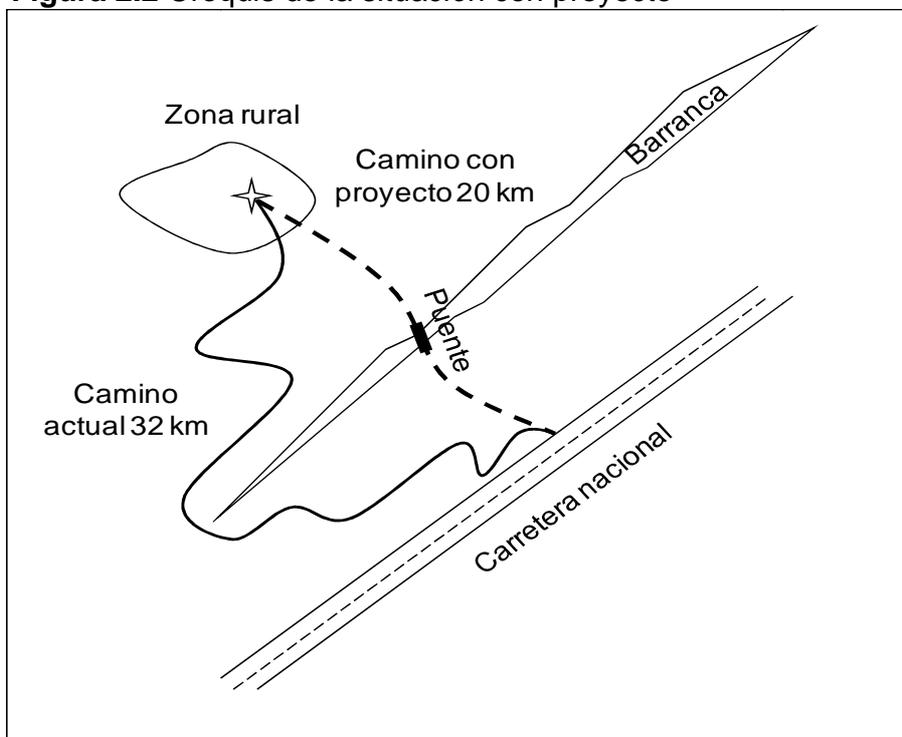
Para poder comparar la situación sin proyecto con la situación con proyecto, se deben proyectar los CGV antes calculados en un horizonte de evaluación determinado. Ante esto, se ha considerado analizar el posible incremento del TPDA, el cual se ve afectado principalmente por el crecimiento poblacional, sin embargo, de acuerdo con las proyecciones de la Consejo Nacional de Población (CONAPO), la actual tendencia de crecimiento de las comunidades rurales es nula o negativa. Por lo anterior, en este ejemplo, se considerará que el TPDA no tiene crecimiento, por lo que los costos de transporte calculados anteriormente, se mantienen constantes durante todo el horizonte de evaluación. Por otro lado, no se planean otros proyectos de caminos que podrían modificar la oferta sin proyecto.

## **2.4 Situación con proyecto**

### **2.4.1 Descripción del proyecto**

Se planea reemplazar la brecha existente por un nuevo camino más corto entre la zona rural y la carretera nacional. Para ello, se requiere de la construcción de un puente de 100 m que pasa por encima de la barranca que provocaba que el camino actual sea más largo (véase figura 2.2).

**Figura 2.2** Croquis de la situación con proyecto



Fuente: Elaboración propia con datos obtenidos durante la visita de campo.

La longitud del camino se reducirá de 32 a 20 km y éste será menos sinuoso. Seguirá siendo una terracería de un carril y 4 m de ancho, cuyo IRI se reducirá a 8 m/km.

La velocidad que se proyecta lograr es de 35 km/hr para transporte de carga y de personas y de 37 km/hr para las camionetas privadas. Lo anterior, se traduce en una mayor velocidad promedio de viaje, así como en una disminución de los costos de transporte para los vehículos que utilizan el camino.

#### **2.4.2 Interacción oferta y demanda**

Se espera en la situación con proyecto una disminución de los CGV comparativo a la situación sin proyecto. A fines de comparación, se recalculan los CGV por el mismo TPDA con los parámetros resumidos en el anexo. En el cuadro 2.4 se presenta los resultados.

**Cuadro 2.4** Velocidad promedio y estimación de los CGV en la situación con proyecto (pesos 2009)

Concepto	Transporte de carga (camioneta con redilas)	Transporte de personas (camioneta con redilas)	Camionetas privadas (pick up)	Total
Velocidad promedio (km/hr)	35	35	37	
CGV por km y por vehículo	6.61	9.05	5.59	
TPDA (vehículos)	14	20	10	44
Longitud del trayecto (km)	20	20	20	20
CGV por día	1,849.4	3,619.2	1,118.0	6,586.6
CGV anual	675,031	1,321,008	408,070	2,404,109
Ahorro en CGV anual	868,598	1,858,288	529,834	3,256,720

Fuente: Elaboración propia con datos obtenidos durante la visita de campo y modelo VOC-MEX.

El ahorro en CGV entre la situación sin proyecto y la situación con proyecto es de 3.25 millones de pesos anuales. Adicionalmente, el costo de transporte de carga para los productores se reduce a 137.04 pesos por tonelada ( $868,598/6,338=137.04$ ), lo que aumenta el excedente para los productores de las 500 hectáreas no explotadas a 127.59 por tonelada ( $137.04-9.45=127.59$ ). Al igual que en la situación sin proyecto, se analizó la posibilidad de incorporar más hectáreas a la producción debido a la reducción de los CGV; se encontró que las 500 hectáreas no explotadas se vuelven rentables, lo que se traduce en una generación de tráfico de carga estimado en 2 camiones al día, lo que equivale a 4 viajes ( $500*2.3/(365*2.5)=1.26$ ). En consecuencia, la demanda en la situación con proyecto será de 48 viajes al día o 17,520 viajes al año.

## **2.5 Evaluación del proyecto**

### **2.5.1 Identificación, cuantificación y valoración de costos**

#### **a) Costos de inversión**

La construcción del nuevo camino tiene un costo de inversión total de 23,790,876 pesos. Se compone de las obras de terrecería, drenaje y señalamiento del camino por 13,290,876 pesos, así como por las obras de construcción del puente por 10,500,000 pesos. La construcción del camino se planea terminar en un año y el horizonte de evaluación considerado es de 30 años, aunque con mantenimiento adecuado la vida útil del camino será mayor.

#### **b) Costos de operación y mantenimiento (COM)**

Se consideran COM anuales de 37,592 pesos por km, lo que representa el doble del costo por mantenimiento por kilómetro del camino existente. En total, se estima que para los 20 km, será de 751,830 pesos por año. Sin embargo, como al realizar el proyecto, la brecha existente dejará de usarse, se ahorrarán los COM correspondientes de 601,464 pesos. En conclusión, se consideran como costos relevantes del proyecto únicamente el diferencial de costos por 150,366 pesos anuales.

### **2.5.2 Identificación, cuantificación y valoración de beneficios**

#### **a) Ahorros en CGV**

Para el tránsito existente, los beneficios se cuantifican por el ahorro en CGV anual a lo largo del horizonte de evaluación. En este caso, los beneficios se mantienen constantes en 3,256,720 pesos por año (véase cuadro 2.4).

### **b) Excedente del productor**

A los beneficios asociados al tráfico existente, se debe agregar el que se produce por el tráfico generado. Este último, se cuantifica con las ganancias del excedente de producción de las 500 hectáreas adicionales que se sembrarán debido a la reducción en los costos de transporte, es decir, lo que corresponde a 146,728.50 pesos ( $127.59 \times 500 \times 2.30 = 146,728.50$ ).

Sin embargo, la incorporación de las nuevas hectáreas no se hace de manera instantánea. Se estima que la tasa de incorporación del primer año es del 40% y del segundo año del 70%. A partir del tercer año, la incorporación es completa.

### **c) Valor de rescate**

Finalmente, el camino tiene un valor de rescate al último año del horizonte de evaluación, el cual corresponde al costo total de la inversión, es decir, 23,790,876 pesos, ya que con un mantenimiento apropiado el camino puede usarse más de 29 años.

Una vez cuantificados los costos y beneficios del proyecto, se pueden calcular los indicadores de rentabilidad relevantes.

### **2.5.3 Indicadores de rentabilidad**

En este caso, los beneficios netos son constantes, ya que la tasa de crecimiento del tráfico existente es de cero, y sólo aumentan conforme se incorporan las nuevas hectáreas. Sin embargo, este crecimiento dependerá del inicio de la operación del proyecto, lo que hace que la tasa de rentabilidad inmediata no sea el indicador de rentabilidad relevante como en la mayor parte de los proyectos carreteros; en este caso se debe usar el valor presente neto (VPN).



En el cuadro 2.5, se presentan los flujos netos del proyecto y los resultados del VPN, el cual asciende a 3,080,405 pesos.

## **2.6 Conclusión**

El proyecto presenta una ganancia neta para la sociedad, por lo que es conveniente llevarlo a cabo.

**Cuadro 2.5** Flujos netos y VPN del proyecto, pesos de 2009 (0-29 años)

Año	Costos de inversión	Incremento en los costos de operación y mantenimiento	Beneficio por ahorro en CGV	Beneficio por excedente de producción	Valor de rescate	Flujo neto	Flujo neto descontado	VAN
0	23,790,876					-23,790,876	-23,790,876	3,080,405
1		150,366	3,256,720	58,691 <sup>1/</sup>		3,165,045	2,825,933	
2		150,366	3,256,720	102,710 <sup>2/</sup>		3,209,064	2,558,246	
3		150,366	3,256,720	146,729		3,253,082	2,315,480	
4		150,366	3,256,720	146,729		3,253,082	2,067,393	
5		150,366	3,256,720	146,729		3,253,082	1,845,886	
6		150,366	3,256,720	146,729		3,253,082	1,648,113	
7		150,366	3,256,720	146,729		3,253,082	1,471,529	
8		150,366	3,256,720	146,729		3,253,082	1,313,865	
9		150,366	3,256,720	146,729		3,253,082	1,173,094	
10		150,366	3,256,720	146,729		3,253,082	1,047,405	
11		150,366	3,256,720	146,729		3,253,082	935,183	
12		150,366	3,256,720	146,729		3,253,082	834,985	
13		150,366	3,256,720	146,729		3,253,082	745,523	
14		150,366	3,256,720	146,729		3,253,082	665,645	
15		150,366	3,256,720	146,729		3,253,082	594,326	
16		150,366	3,256,720	146,729		3,253,082	530,648	
17		150,366	3,256,720	146,729		3,253,082	473,793	
18		150,366	3,256,720	146,729		3,253,082	423,029	
19		150,366	3,256,720	146,729		3,253,082	377,705	
20		150,366	3,256,720	146,729		3,253,082	337,237	
21		150,366	3,256,720	146,729		3,253,082	301,104	
22		150,366	3,256,720	146,729		3,253,082	268,843	
23		150,366	3,256,720	146,729		3,253,082	240,038	
24		150,366	3,256,720	146,729		3,253,082	214,320	
25		150,366	3,256,720	146,729		3,253,082	191,357	
26		150,366	3,256,720	146,729		3,253,082	170,855	
27		150,366	3,256,720	146,729		3,253,082	152,549	
28		150,366	3,256,720	146,729		3,253,082	136,204	
29		150,366	3,256,720	146,729	23,790,876	27,043,958	1,010,992	

Fuente: elaboración propia.

Notas: <sup>1/</sup>40%\*146,729=58,691 y <sup>2/</sup> 70%\*146,729=102,710. El 40% y 70% son los porcentajes de incorporación de la tierra no cultivada en la situación sin proyecto y que en la situación con proyecto se cultiva.

**ANEXO  
PARÁMETROS DEL MODELO VOC-MEX III**

En el cuadro 1, se presentan los valores de los parámetros que no se modifican para la estimación de los CGV de la situación actual, sin proyecto y con proyecto. Mientras que en el cuadro 2, se muestran los valores que se modifican de acuerdo al CGV que se pretenda estimar.

**Cuadro 1** Parámetros aplicables a cada situación, 2009

Parámetros	Valores
Tipo de superficie	No pavimentado
Pendiente media ascendente	3%
Pendiente media descendente	3%
Proporción de viaje ascendente	50%
Altitud del terreno	1,000 m
Número efectivo de carriles	1
Número de km conducidos por año	30,000
Número de horas conducidas por año	1,000
Vida útil promedio de servicio	6 años
¿Usar vida útil constante?	Si
Edad del vehículo en km	90,000
Costo del combustible	7.50 \$/litro
Costo de los lubricantes	32.5 \$/litro
Costo por llanta nueva	\$575
Tiempo de los operarios, pasajeros y mano de obra de mantenimiento <sup>1/</sup>	9.75 \$/hora

Fuente: Elaboración propia con modelo VOC-MEX III.

Nota: <sup>1/</sup> 1.5 \* 52 pesos (salario mínimo diario de la zona C en 2009)/ 8 horas trabajadas diario.

**Cuadro 2** Parámetros específicos a cada situación, 2009

Parámetros	Valores								
	Situación actual			Situación sin proyecto			Situación con proyecto		
	Transporte de carga (camioneta con redilas)	Transporte de personas (camioneta con redilas)	Camionetas privadas	Transporte de carga (camioneta con redilas)	Transporte de personas (camioneta con redilas)	Camionetas privadas	Transporte de carga (camioneta con redilas)	Transporte de personas (camioneta con redilas)	Camionetas privadas
Índice de rugosidad IRI	12			10			8		
Curvatura horizontal promedio (grados/km)	400			400			200		
Tipo de vehículo	Camión ligero gasolina		Auto grande (pick up)	Camión ligero gasolina		Auto grande (pick up)	Camión ligero gasolina		Auto grande (pick up)
Carga transportada (kg)	2,500	660	0	2,500	660	0	2,500	660	0
Velocidad (km/hora)	20		22	22		24	35		37
Número de pasajeros por vehículo (además del chofer)	1	11	2.2	1	11	2.2	1	11	2.2
Precio del vehículo nuevo (pesos de 2009)	200,000		150,000	200,000		150,000	200,000		150,000
CGV por vehículo y por km (pesos de 2009)	10.4	14.9	8.9	9.4	13.6	8.0	6.6	9.1	5.6

Fuente: Elaboración propia con modelo VOC-MEX III.