



Facultad de Ciencias Económicas y de Administración  
Universidad de la República



# **CONVENIO OPP – FCEyA (UdelaR)**

## **Fortalecimiento del Sistema Nacional de Inversión Pública**

### **Metodologías General y Sectoriales de Formulación y Evaluación de Proyectos**

#### **Metodología para Proyectos de Infraestructura Vial**

*Docente Responsable: Álvaro Santos<sup>1</sup>*

**Versión Final  
Agosto 2012**

---

<sup>1</sup> Profesor Agregado de Preparación y Evaluación de Proyectos en FCEA. Realizado en colaboración con docentes de la cátedra de Preparación y Evaluación de Proyectos

## CONTENIDO

<b>1. AMBITO DE APLICACIÓN .....</b>	<b>4</b>
<b>2. PREPARACION DEL PROYECTO .....</b>	<b>6</b>
2.1 INTRODUCCION .....	6
2.2 IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA .....	6
2.2.1 MARCO DE REFERENCIA .....	6
2.2.2 IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA, LOS OBJETIVOS Y LAS ALTERNATIVAS .....	7
2.3 FORMULACION DEL PROYECTO .....	10
2.3.1 ANÁLISIS DE LA DEMANDA .....	11
2.3.2 ANÁLISIS DE LA OFERTA .....	12
2.3.3 BALANCE ENTRE OFERTA Y DEMANDA .....	12
2.3.4 IDENTIFICACIÓN Y SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS .....	13
<b>3. EVALUACION DEL PROYECTO .....</b>	<b>15</b>
3.1 INTRODUCCION .....	15
3.2 FUNDAMENTOS TEORICOS.....	16
3.2.1 ENFOQUES METODOLÓGICOS.....	16
3.2.2 LA DEMANDA Y LOS BENEFICIOS SOCIALES DE UN PROYECTO VIAL.....	17
3.2.3 IDENTIFICACIÓN DE LOS BENEFICIOS Y COSTOS SOCIALES DE LOS PROYECTOS VIALES .....	20
3.2.4 VALORACIÓN DE LOS BENEFICIOS Y COSTOS SOCIALES .....	22
3.3 APLICACIÓN PRACTICA .....	24
3.3.1 PERÍODO DE EVALUACIÓN .....	24
3.3.2 LA DINÁMICA DE LA EVALUACIÓN .....	24
3.3.3 EL MODELO HDM -4.....	25
3.3.4 CUANTIFICACIÓN DE LOS BENEFICIOS .....	26
3.3.5 CUANTIFICACIÓN DE LOS COSTOS .....	31
3.3.6 CRITERIOS DE DECISIÓN.....	34

<b>3.3.7 ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD Y RIESGO.....</b>	<b>36</b>
<b>3.3.8 EVALUACIÓN FINANCIERA.....</b>	<b>37</b>
<b>3.3.9 IMPACTOS DISTRIBUTIVOS.....</b>	<b>38</b>
<b>4. ANEXO: APLICACION PRACTICA DEL ENFOQUE DE MARCO LOGICO.....</b>	<b>39</b>

## **1. AMBITO DE APLICACIÓN**

La Dirección Nacional de Vialidad (D.N.V.) del Ministerio de Transporte y Obras Públicas tiene bajo su jurisdicción una red vial de 8.780 kilómetros de caminos nacionales que es la de mayor significación económica puesto que concentra la casi totalidad del tráfico de mercaderías y personas del país. En virtud de las diferentes modalidades de gestión y financiamiento, la red está compuesta por 7.060 kilómetros que pueden denominarse como red vial nacional presupuestal, ya que los 1.720 kilómetros restantes se encuentran bajo gestión de tres concesiones que se financian mediante peajes y subsidios.

Según la clase de intervención que se pretenda sobre la infraestructura es posible definir la siguiente tipología de proyectos viales que deberían ser sometidos a una evaluación económica<sup>2</sup> a los efectos de medir su contribución al bienestar social de forma de poder determinar la conveniencia de su ejecución para la sociedad.

### **A. Proyectos de Construcción**

Corresponde a aquellas obras de infraestructura con el objetivo básicamente de:

- Aumentar la capacidad vehicular de un camino mediante la ampliación de calzadas o la construcción de nuevos carriles.
- Incorporar zonas con problemas de accesibilidad a través de la construcción de nuevos caminos de penetración, costeros, etc.

### **B. Proyectos de Mejoramiento**

Comprende aquellos proyectos que elevan la calidad del servicio de la vía existente ya sea por:

- Mejoramiento de las características geométricas o de trazado a través de modificaciones en su trayectoria tales como disminución de la curvatura, disminución de la pendiente, construcción de una variante, etc.
- Mejoramiento de la superficie por medio de la introducción de cambios en el tipo de carpeta de rodado a una de mejor calidad.

---

<sup>2</sup> En virtud de los recursos humanos y financieros que exige este tipo de evaluación es conveniente definir un umbral de monto de inversión del proyecto a partir del cual este análisis se transforma en obligatorio.

### **C. Proyectos de Rehabilitación**

Consisten en proyectos que tienen por finalidad reconstruir o recuperar las condiciones iniciales del camino de manera de que cumpla con similares especificaciones técnicas a las de su diseño original. Son ejemplos de estos proyectos la repavimentación de una carpeta de hormigón, el recapado con mezcla asfáltica, reconstrucción de sub-base y/o base etc.

### **D. Proyectos de Conservación**

Si bien la conservación de una determinada infraestructura vial debería haber sido prevista en la vida útil de las obras, puede haber situaciones que en función de su magnitud ameriten ser consideradas como proyectos y en consecuencia ser sometidos a una evaluación económica.

Los proyectos de este tipo son aquellos orientados a evitar el deterioro acelerado de la carpeta de rodado de forma de postergar su reposición, tales como reposición de algunas losas de hormigón, bacheos sobre carpeta asfáltica, retape de hoyos, sellos de juntas, etc. Estos proyectos también pueden llegar a alcanzar obras anexas como conservación de puentes, iluminación, obras de drenaje, etc.

## **2. PREPARACION DEL PROYECTO**

### **2.1 INTRODUCCION**

Un proyecto vial puede definirse como una intervención sobre una infraestructura que altera el equilibrio que se habría obtenido en el mercado de transporte y en el resto de la economía de no haberse realizado tal intervención y que tiene como consecuencia dar origen a una nueva situación de equilibrio.

En el caso de una determinada infraestructura vial el equilibrio en el mercado se expresa por un lado a través del número de viajes entre un cierto origen y destino el cual tiene asociado el transporte de un determinado número de viajeros y volumen de mercancías, y por otro, por el denominado “costo generalizado de viaje” (CGV) que es el “precio” que implícitamente pagan los usuarios de la carretera en términos básicamente del importe pagado por el usuario por cada viaje (billete, tarifa, etc.), del valor de los tiempos de viaje (chofer y de los pasajeros) y de los costos de operación de vehículos (combustible, lubricantes, neumáticos, etc.).

La evaluación económica del proyecto vial implica comparar el equilibrio luego de la intervención en la infraestructura o situación “con proyecto” respecto del equilibrio inicial o “situación sin proyecto”. De esta manera se cuantifican de forma incremental los cambios en esas variables que genera el proyecto y se está en condiciones de establecer su conveniencia a partir de la contribución que efectúa al bienestar social.

La fase de preparación tiene pues por objetivo identificar claramente el problema de transporte que se pretende resolver con la ejecución del proyecto, realizar el diagnóstico de la situación actual y analizar alternativas de solución, con lo cual es posible definir las situaciones con y sin proyecto y así poder desarrollar su evaluación económica.

### **2.2 IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA**

#### **2.2.1 MARCO DE REFERENCIA**

El propósito de este apartado es presentar de forma resumida la problemática que da origen al proyecto, identificando sus causas y los principales efectos que se verificarán de no desarrollarse su ejecución, señalando a partir de ello su justificación, sus objetivos y como éstos se enmarcan en los lineamientos de la política del sector transporte y de los planes de desarrollo nacional, regional o local según cual sea la entidad del proyecto que se trata.

Además se debe exponer el marco institucional bajo el cual se desarrollará el proyecto, identificándose los agentes y/o instituciones que lo promueven y las modalidades de financiamiento y de ejecución que están previstas.

## 2.2.2 IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA, LOS OBJETIVOS Y LAS ALTERNATIVAS

El análisis del servicio actual de la infraestructura de transporte que será objeto de la intervención, sumado a la correcta ubicación de su área de influencia y al conocimiento de la población objetivo que será beneficiada, es lo que permitirá realizar una adecuada definición del problema de transporte y a partir de ello proponer las alternativas de solución más convenientes.

Para esta fase de identificación del proyecto de infraestructura vial es posible emplear como técnica el enfoque del marco lógico. La identificación del proyecto de acuerdo a esta técnica supone en una primera etapa elaborar el diagnóstico de la Situación Actual a través del análisis de los involucrados y del análisis o árbol de problemas. A partir de ello en una segunda etapa se establece la Situación Futura deseada la cual será el resultado del proyecto que se diseña para resolver los problemas que plantea la situación actual. Esta etapa se debe abordar mediante el análisis o árbol de objetivos conjuntamente con al análisis de alternativas.<sup>3</sup>

### 2.2.2.1 Diagnóstico de la situación actual

Implica recopilar, sistematizar y analizar la información obtenida de fuentes secundarias y primarias referidas a los siguientes aspectos:

- **Definición del área de influencia**

La intervención que se desea realizar se debe ubicar geográficamente a través de un mapa, definiendo claramente el tramo de red vial que se abordará, así como también las distancias respecto de las principales ciudades y/o localidades o centros de actividades económicas que se verán afectadas por dicho proyecto.

De esta manera se define el área de influencia del proyecto como el área geográfica que incluye a los centros poblados y áreas de producción que harán uso de la infraestructura vial objeto de estudio.

---

<sup>3</sup> Para un mayor detalle de los pasos a seguir para la aplicación de esta técnica véase el documento Metodología de Formulación y Evaluación Social de Proyectos de Inversión Pública y el Anexo del presente documento donde se expone un caso simplificado.

El diagnóstico implica pues no solo ubicar la infraestructura vial a intervenir sino también la red vial de los centros de población y producción por los que discurre la misma.

- **Diagnóstico de la infraestructura**

Supone analizar la situación actual de la infraestructura objeto de estudio y las condiciones del servicio de transporte que transita por ella.

Los resultados de un inventario vial deben ser la base del análisis de situación de la infraestructura. Implica abordar aspectos tales como:

- Localización y longitud en kilómetros.
- Características topográficas del corredor en cuanto a pendientes.
- Características geológicas que puedan determinar fenómenos de inestabilidad del terreno donde se asienta la vía.
- Características geométricas del trazado en planta y longitudinal.
- Características de la sección transversal del camino, tales como número de carriles de circulación por sentido, ancho del carril, ancho de la calzada, etc.
- Tipo de carpeta de rodamiento y condiciones actuales de la superficie de la vía en términos del Índice de Rugosidad Internacional (IRI).
- Condiciones del estado de puentes, bermas, sistema de drenajes, señalización, etc.
- Puntos críticos, esto es determinación de zonas expuestas a peligros tales como curvas peligrosas, áreas inundables, etc.

La descripción precedente puede requerir de una segmentación en la medida que existan tramos de la vía que por sus características o condiciones presenten diferencias ostensibles en el CGV para los usuarios.

El estudio de las condiciones actuales del servicio de transporte implica relevar aspectos tales como la cantidad y tipos de vehículos que transitan la vía, las épocas y horarios de mayor afluencia, la situación de seguridad vial y la política de mantenimiento. También es conveniente recoger la percepción de los usuarios de esa infraestructura de transporte respecto de las condiciones de transitabilidad de la misma.



- **Análisis de involucrados**

Supone identificar y caracterizar los grupos involucrados por el proyecto, es decir aquellos grupos que pueden verse afectados tanto positiva como negativamente por la intervención que se propone sobre la infraestructura vial.

Es preciso pues especificar por un lado los grupos que serán beneficiados directa o indirectamente por el proyecto como ser los usuarios directos del transporte y las unidades productivas que hacen un uso indirecto a través de transportistas, y por otro, los grupos perjudicados que pueden oponerse al proyecto como por ejemplo la población de una zona que ve obstaculizado el pasaje por la transformación de la infraestructura en una vía rápida. En este último caso se deben señalar estrategias de resolución de eventuales conflictos con los grupos perjudicados.

Una vez identificados se debe determinar las características socioeconómicas de los grupos poblaciones y las principales actividades económicas de la zona de influencia del proyecto que serán afectados por éste.

#### 2.2.2.2 Definición del problema, sus causas y efectos

A partir del diagnóstico efectuado se tiene definido la problemática que existe lo cual da lugar a la justificación y al origen del proyecto. A modo de ejemplo se pueden presentar situaciones como las siguientes:

- La carretera entre un cierto origen y destino muestra un importante deterioro que se traduce en velocidades de circulación cada vez más bajas que tienen como consecuencia costos generalizados de viaje para el usuario cada vez más elevados.
- La “demanda” de cierta carretera experimentó un fuerte crecimiento que ha llevado a problemas de congestión en ciertos momentos del día o en épocas del año, originando una disminución en las velocidades y un aumento de los CGV, situación que puede agravarse al considerar la proyección del tránsito futuro.
- Las características del trazado presenta inconvenientes tales que determinan un elevado número de accidentes de tránsito.

Una vez identificada la problemática y en base al diagnóstico desarrollado es preciso establecer las relaciones de causa y efecto a través de un árbol de problemas tal como se plantea en el ejemplo en el Anexo, de manera de estar en condiciones de identificar las alternativas de solución.

La elaboración de un árbol de problemas, supone ubicar el problema principal en la parte central del árbol, como el tronco, las causas de dicho problema como sus raíces, y los efectos que conlleva como sus ramas. Finalmente el árbol se completa con la validación de las interrelaciones entre las causas y los efectos que el problema central genera.

### 2.2.2.3 La situación futura

El estudio de la situación futura debe abordarse a través del análisis de objetivos y de las alternativas técnicas de solución a la problemática de la infraestructura vial planteada.

El análisis de los objetivos debe desarrollarse a través de un Arbol de Objetivos que tiene por finalidad describir la situación futura a la que se desea llegar una vez resueltos los problemas identificados en la etapa anterior. Consiste en convertir el árbol de problemas en árbol de objetivos o soluciones a dichos problemas, lo cual implica transformar las condiciones negativas del árbol de problemas en condiciones positivas que son deseables y viables de alcanzar, tal como se plantea en el ejemplo en el Anexo.

El análisis de alternativas consiste en identificar aquellas estrategias alternativas a partir del Árbol de Objetivos, que en caso de ejecutarse, podrían transformar la situación actual en la situación futura deseada. Implica la identificación de acciones que permitan operacionalizar los medios definidos para alcanzar los objetivos y a partir de estas acciones que dan solución al problema se deben establecer y describir las alternativas técnicas viables del proyecto que deben ser evaluadas.

## **2.3 FORMULACION DEL PROYECTO**

Esta etapa tiene por finalidad progresar sobre el análisis de las alternativas previamente identificadas, mejorando la calidad e incorporando nueva información de manera de estar en condiciones de seleccionar la mejor alternativa. Como resultado de ella se dispondrá del diseño del proyecto y de su alternativa instrumental.

La formulación del proyecto tomará insumos ya elaborados en forma unitaria en la fase anterior de Identificación y Diagnóstico y los trabajará en forma conjunta de forma de obtener una formulación integral del proyecto.

Los puntos a tener en cuenta para una correcta formulación de un proyecto de inversión en infraestructura vial son los siguientes:

- Análisis de la demanda
- Análisis de la oferta
- Balance entre oferta y demanda
- Identificación y selección de alternativas

### 2.3.1 ANÁLISIS DE LA DEMANDA

#### 2.3.1.1 Análisis de la demanda actual

Para una determinada carretera o camino la demanda se expresa por la cantidad de vehículos que circulan por esa vía para trasladarse entre un origen y un destino. La cuantificación de este flujo vehicular se realiza a través del concepto de Tránsito Diario Promedio Anual (TPDA) que representa la cantidad de vehículos que circula en ambos sentidos diariamente en promedio durante el año.

Más allá de la información con que se cuente a través del Sistema de Conteos de la Red Vial Nacional se considera conveniente la realización de conteos vehiculares específicos a nivel de campo para el proyecto, ya que el TPDA que se disponga puede no estar con el nivel adecuado de actualización o haberse desarrollado en puntos diferentes a los exigidos para la evaluación del proyecto. Al respecto es preciso tener presente que el relevamiento del TPDA actual es de suma importancia puesto que es la base para la proyección del flujo vehicular en el período de evaluación que se considere para el proyecto.

La información de tránsito que se recabe debe contemplar una posible segmentación de la demanda en tramos en la medida que puedan existir puntos de incorporación y/o desincorporación de vehículos a lo largo la carretera o camino que es objeto de análisis. Otros aspectos que es necesario que el relevamiento tenga en cuenta son:

- Distribución vehicular y direccionalidad. El TPDA debe estar relevado por tipo de vehículo y por sentido hacia donde se dirigen. El parque automotor deberá clasificarse según los siguientes tipos de vehículos: automóviles, utilitarios (camionetas o pick up's), ómnibus de pasajeros, camiones de carga medianos, semipesados y articulados, en virtud que como es natural presentan diferente costo de operación.
- Mediciones de tiempos de viaje entre origen y destinos.
- Ocupación vehicular. Se deberá conocer el número de pasajeros que además del chofer viajan en promedio en los diferentes tipos de vehículos, a los efectos de poder cuantificar el costo del tiempo de viaje de pasajeros. Por esta razón también es preciso relevar el motivo de viaje (trabajo, ocio) por la diferente valoración del tiempo que representan y el tipo y volumen de carga que se transporta.
- Estacionalidad de la demanda. En casos de congestión vehicular en algunas horas del día y/o épocas del año es preciso periodizar la demanda de manera que el relevamiento no lleve a una sobreestimación o subestimación de los beneficios del proyecto.

#### 2.3.1.2 Análisis de la demanda proyectada

La proyección del tráfico a partir de la demanda actual constituye una variable clave para la definición de las alternativas técnicas de intervención que pueden realizarse sobre la

infraestructura vial objeto de estudio y en consecuencia para la determinación de los beneficios y costos asociados al proyecto.

Para su estimación se deberá proceder de acuerdo a la Guía Metodológica de Proyección de la Demanda de Transporte confeccionada a tales efectos.

### 2.3.2 ANÁLISIS DE LA OFERTA

El análisis de la oferta profundiza el estudio abordado en el apartado anterior de Diagnóstico de la Infraestructura, a los efectos de concluir si las condiciones actuales y proyectadas de la vía cumplirán con los estándares técnicos para brindar un servicio adecuado a las necesidades de la demanda.

Radica en identificar y proyectar la capacidad con la que se cuenta actualmente para brindar los servicios viales deseados. En todo este análisis se trabaja sobre la base de la oferta optimizada, es decir la capacidad de oferta de la que se puede disponer, óptimamente, con los recursos disponibles. Se debe tener en cuenta que la oferta optimizada debe estar en las mismas unidades de medida que la demanda efectiva con proyecto.

El análisis de la oferta debe comprender pues el diagnóstico de la situación actual de los servicios viales, la definición de los estándares óptimos de esos servicios y la proyección de la oferta optimizada. Implica estudiar la situación actual de los servicios viales en el área de influencia del proyecto considerando las características de dicha área, las diferentes redes viales que se encuentran en el área de influencia del proyecto y los niveles de calidad y capacidad de dichas redes y su evolución en el tiempo.

El abordaje del estudio debe comprender la disponibilidad y las características físicas, técnicas y geométricas que presenta la infraestructura vial que se verá afectada por la ejecución del proyecto, ya sea a través de cambios en los flujos de vehículos que circulan por ellas y/o del costo generalizado de viajes para sus usuarios. Esto significa a modo ilustrativo que si un proyecto consiste en la rehabilitación de una carretera en mal estado, el análisis de la oferta debe necesariamente alcanzar esa carretera que será objeto de la intervención, pero eventualmente también podría abordar otra vía alternativa cuya utilización se viera afectada como consecuencia del proyecto

En consecuencia se debe analizar los servicios viales en el área de influencia del proyecto considerando las características de dicha área, las diferentes redes viales que se encuentran en dicha área y los niveles de calidad y capacidad de dichas redes. Además en la medida que existan tramos de la vía que por sus características o condiciones presentan diferencias ostensibles en el CGV para los usuarios el estudio requerirá de una segmentación por tramos.

### 2.3.3 BALANCE ENTRE OFERTA Y DEMANDA

A partir del análisis de la oferta y de la demanda actual y proyectada se deben derivar las deficiencias de calidad de servicio que presenta la infraestructura vial para los usuarios. Ello

supone comparar las características de la vía actual y su evolución en el tiempo respecto de las características técnicas que se requerían para satisfacer adecuadamente la demanda del tráfico proyectado.

Permite identificar la brecha existente entre la demanda por servicios viales y la capacidad de oferta de dichos servicios, justificando así la necesidad de definir alternativas técnicas de ejecución de un proyecto que lleve a corregirla.

### 2.3.4 IDENTIFICACIÓN Y SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS

Para realizar la evaluación económica del proyecto es preciso comparar los costos y beneficios que derivarían de las alternativas técnicas o intervenciones propuestas en la infraestructura que se denomina “situación con proyecto” respecto de aquellos que surgen de un caso base denominado “situación sin proyecto”, las cuales se exponen a continuación.

#### 2.3.4.1 Situación sin proyecto

La situación sin proyecto que no es otra cosa que la situación actual proyectada exige de una correcta definición, ya que de lo contrario puede dar lugar a errores en la cuantificación del beneficio neto de la actuación propuesta. Por esta razón no se debe cometer el error de considerar como base de esa proyección a la situación “antes” del proyecto, ya que ello supone asumir que las condiciones actuales permanecerán constantes en el futuro a lo largo del período de evaluación que se está tomando. Si por el contrario se va a producir un deterioro mayor de la calidad del servicio que presta la vía en la situación actual, tomar la situación “antes” del proyecto como caso base implicaría subestimar el beneficio neto.

Tampoco es correcto asumir que el agente responsable de la infraestructura vial no le realizará ninguna intervención en el futuro, dado que ello no es racional ni sostenible en el tiempo y estaría generando de procederse de esta forma una sobreestimación del aporte neto del proyecto al bienestar social.

Por esta razón es que para establecer la situación sin proyecto se considera lo que se denomina “situación base optimizada” que implica proponer medidas de optimización de la situación actual, ya sea a través de actuaciones de muy pequeña inversión o de medidas de gestión de bajo costo que llevarían a mejorar o a detener el deterioro del nivel de calidad del servicio de la carretera que se está analizando.

Según sea el tipo de proyecto que se está evaluando serán las actuaciones mínimas que deberán considerarse en el caso base. Así por ejemplo si el proyecto a evaluar es el cambio de la carpeta de rodado de una carretera en mal estado, las medidas de optimización de la situación actual podrían ser un bacheo que permita mejorar la superficie de rodamiento. De manera similar, si el proyecto es de ampliación de la capacidad debido a problemas de congestión, la situación base optimizada podrían ser la formulación de medidas de gestión u ordenamiento del tránsito que provoquen algún alivio en las condiciones de circulación en los momentos de mayor tráfico.

#### 2.3.4.2 Situación con proyecto

A partir del balance entre oferta y demanda no solo es preciso establecer el caso base sino también definir y evaluar diferentes alternativas de intervención que lo resuelven. De no actuar así se podría estar promoviendo un proyecto que si bien arroja ex ante una rentabilidad social positiva, no constituye la mejor opción que tiene la sociedad para resolver el problema de transporte planteado.

La definición de las alternativas a evaluar debe basarse en su factibilidad técnica para la resolución del problema, pero también pueden existir razones de tipo económico-financieras, legales, etc. que lleven a desechar a alguna de ellas pese a esa viabilidad técnica. A modo de ejemplo simplificador se puede afirmar que el deterioro de un camino rural de baja densidad de tránsito podría solucionarse con una carpeta asfáltica, lo cual si bien sería técnicamente factible no justificaría el menor análisis económico.

La formulación de alternativas técnicas relevantes representa variantes de la situación con proyecto, las cuales deberán ser evaluadas de manera comparativa a través de la contrastación de sus beneficios y costos asociados con los que se obtendrían en la situación sin proyecto, para seleccionar así la más conveniente del punto de vista de su contribución al bienestar social.

Por esta razón la definición de las distintas alternativas relevantes para la evaluación debe comprender una detallada descripción física, técnica y operativa que permita realizar en forma precisa la proyección de los costos y beneficios asociados a cada una de ellas y así poder determinar cuál es la más favorable.

La alternativa así seleccionada en este proceso de evaluación deberá desarrollarse posteriormente a nivel de proyecto definitivo para estar en condiciones de poder ser ejecutada.

En la medida que el análisis se amplía al marco de un proceso de planificación nacional de transporte es recomendable que en proyectos viales que pueden involucrar al ferrocarril se tome en cuenta dentro de este estudio de las alternativas al modo ferroviario.

## **3 EVALUACION DEL PROYECTO**

### **3.1 INTRODUCCION**

La relevancia que tiene el sistema y las infraestructuras de transporte determina que absorban una cuantía muy importante de recursos de la sociedad. En virtud de ello es preciso que la asignación de recursos hacia el sector vial no solo se haga de manera eficaz para que pueda cumplir con su rol de facilitar el movimiento de personas y mercancías, sino también de manera eficiente, esto es que dicha asignación realice el mayor aporte posible al bienestar social.

Por esta razón se requiere que los proyectos de inversión pública en infraestructuras sean evaluados en función de la contribución que pueden hacer al bienestar de la sociedad. La evaluación económica<sup>4</sup> de proyectos bajo el enfoque del análisis costo-beneficio (ACB) tiene por finalidad identificar y cuantificar esa contribución, al permitir comparar el beneficio social esperado con el costo de oportunidad de esa inversión, es decir con el beneficio que podría obtenerse si esos recursos se destinaran a satisfacer otras necesidades en la mejor alternativa de inversión disponible.

Si los beneficios sociales de un proyecto de transporte son superiores a los beneficios que la sociedad renuncia en la mejor alternativa que se dispone de asignación de esos recursos, entonces el proyecto está efectuando un verdadero aporte al bienestar económico del país a través de un funcionamiento más eficiente del sistema de transporte.

De esta manera el ACB es una herramienta que sirve para dar racionalidad económica al proceso de toma de decisiones en la selección de proyectos de inversión pública, tanto a nivel general como particular del propio sector transporte.

Por esta razón en la presente guía su abordaje se realiza a través de la exposición de las bases teóricas enfocadas a su utilización en los proyectos de infraestructura vía para luego analizar aspectos prácticos de su aplicación.

---

<sup>4</sup> Dependiendo del país que se trate también se la designa como evaluación social de proyecto.

## 3.2 FUNDAMENTOS TEORICOS

### 3.2.1 ENFOQUES METODOLÓGICOS

La evaluación económica de un proyecto vial implica medir el cambio que se verifica en el bienestar social como consecuencia de la intervención que se propone en la infraestructura. Para ello es preciso comparar los beneficios y costos sociales que están asociados de la actuación planeada o situación con proyecto respecto de aquellos que derivan del caso base o situación sin proyecto.

La medición del cambio en el bienestar social que genera el proyecto puede realizarse a través de dos enfoques alternativos.

El primero consiste en calcular y sumar las variaciones de los excedentes de los distintos grupos de agentes afectados por el proyecto, lo que implica estimar y agregar la diferencia entre lo que ganan y lo que pierden cada grupo al pasar de la situación sin proyecto a la situación con proyecto. Entre los grupos<sup>5</sup> que pueden verse afectados se encuentran:

- Los usuarios de la infraestructura, ya sea como viajeros en el transporte de pasajeros o como propietarios o depositarios de las mercancías en el transporte de carga.
- Los productores entendiendo por tales a los agentes públicos y/o privados que son responsables por la construcción y operación de la infraestructura puesta a disposición de los usuarios.
- Los contribuyentes en la medida que el proyecto a través de las modificaciones en los impuestos y subsidios que genera determine un déficit o superávit fiscal.
- Otros grupos de la sociedad que pueden verse afectados por las externalidades negativas (ruido, contaminación, etc.) que en ciertos casos provocan los proyectos de infraestructura vial.

El segundo enfoque radica en medir los cambios netos en la disposición a pagar de los usuarios y en la utilización de los recursos productivos aportados por la sociedad como un todo – ignorando las transferencias como impuestos, subsidios, etc. entre grupos de agentes-, que surgen de contrastar la intervención propuesta en la carretera o camino respecto de la situación sin proyecto.

Correctamente aplicados ambos métodos arrojan igual resultados y la elección de uno de ellos para efectuar la evaluación económica dependerá en buena medida de las características del problema a resolver por el proyecto y de las posibilidades de desagregación de la información disponible.

---

<sup>5</sup> La pertenencia a uno de estos grupos no es mutuamente excluyente, ya que un agente puede ser parte de más de uno de ellos.

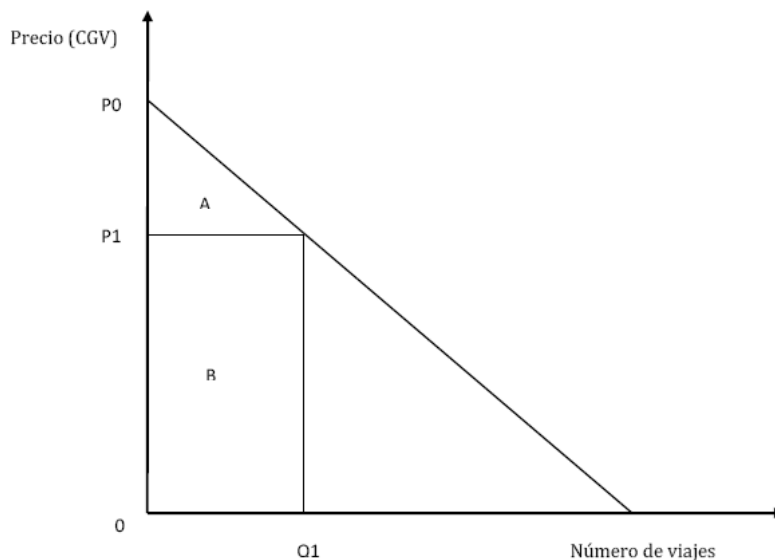


### 3.2.2 LA DEMANDA Y LOS BENEFICIOS SOCIALES DE UN PROYECTO VIAL

Los servicios de transporte surgen como consecuencia de las necesidades que tienen los individuos de realizar actividades que implican un desplazamiento, tales como trasladarse al trabajo, transportar mercancías, turismo, etc. En consecuencia pueden asimilarse a un bien cuya demanda se dice que es derivada, puesto que no se demanda el transporte per se, sino para realizar una actividad en otro momento y lugar.

La demanda de servicios de transporte por ejemplo en términos de número de viajes entre un origen y destino se va a relacionar inversamente con su precio. Este precio es el denominado costo generalizado de viaje (CGV) que como fuera definido incluye la suma del importe pagado por el usuario por cada viaje (billete, tarifa, etc.) más el valor de los tiempos de viaje (chofer y de los pasajeros) más los costos de operación de vehículos (combustible, lubricantes, neumáticos, etc.).

Figura 1. La Función de demanda de transporte



La función de demanda de transporte tal como se observa en la Figura 1 expresa la relación entre la cantidad demandada (número de viajes) y el precio o CGV.

Tiene una doble interpretación según como se exprese. Si se expresa la cantidad demanda en función del precio  $q_i = f(p_i)$  señala las máximas cantidades que se demandarían a un precio determinado. Si se expresa como  $p_i = F(q_i)$  se interpreta como el máximo precio (CGV) que se está dispuesto a pagar por una cantidad específica del bien transporte.

Existe una relación inversa entre la cantidad demandada de transporte y su precio o CGV. En la doble interpretación se tiene por un lado que cuanto menor es el precio mayor es el número de usuarios que desearán utilizar la infraestructura, y por otro, cuanto mayor es el consumo del servicio de transporte se está dispuesto a pagar un precio o CGV menor.

La disposición a pagar por cada unidad implica el beneficio que cada unidad adicional le genera al usuario en términos del consumo de bienes, en este caso del servicio de transporte. En el caso de la Figura 1 por la última unidad Q1 se está dispuesto a pagar P1, pero si además consideramos todas las unidades anteriores llegamos a que la disposición a pagar total es el área debajo de la curva OPoQ1 (A más B), la cual constituye la valoración social de los usuarios por los Q1 viajes realizados.

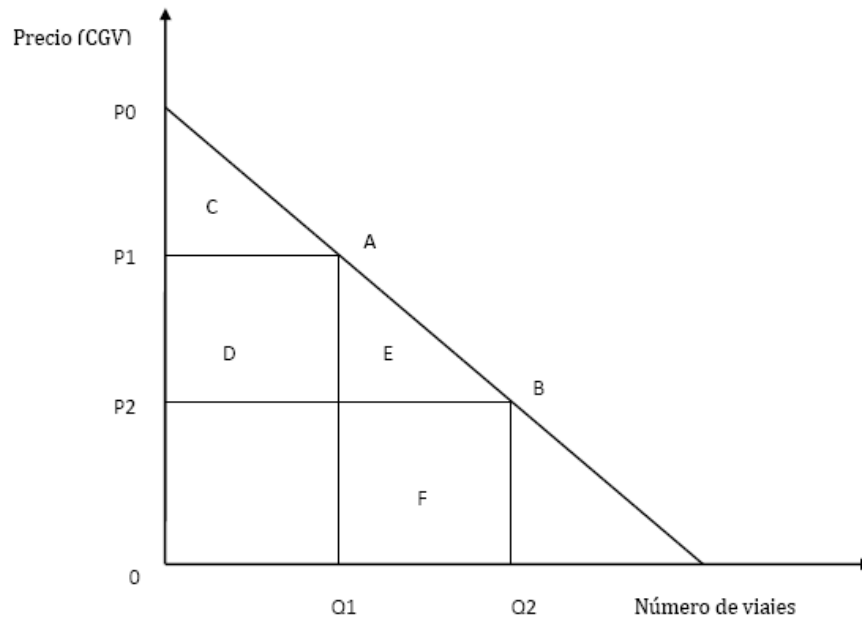
La diferencia entre la disposición a pagar y lo que efectivamente pagan los usuarios se denomina excedente del consumidor (triángulo A) y representa el beneficio neto que en términos de consumo obtienen. Cuanto mayor es este excedente mayor es el bienestar, puesto que están pagando efectivamente menos de lo que estarían dispuestos a pagar por el servicio de transporte.

A efectos de ver estos conceptos e identificar los beneficios de un proyecto vial bajo los dos enfoques establecidos en el apartado 2.1, en la Figura 2 se grafica un ejemplo simplificador.

El proyecto consiste en una mejora de una carretera que disminuye los tiempos de viaje para el usuario lo que implica una baja del costo generalizado de viaje que implícitamente paga.

En la situación sin proyecto el CGV es P1, y la cantidad de viajes demandada por los usuarios es Q1. Con el proyecto de mejoramiento de la carretera al reducirse el tiempo de viaje el precio o CGV para el usuario desciende a P2 con lo cual la cantidad demandada de viajes se eleva a Q2.

Figura 2. Beneficios de un proyecto de transporte



El beneficio social neto del proyecto estimado bajo el enfoque de la variación de la disposición a pagar y de los recursos productivos es el área P1ABP2 que surge de considerar la suma de los siguientes tres efectos:

- La suba de la demanda de Q1 a Q2 que provoca la caída del CGV hace que la disposición a pagar total entre la situación con y sin proyecto aumente en el área ABQ1Q2
- Como contrapartida a ese incremento en el número de viajes el conjunto de usuarios incurre en mayores recursos productivos para llevarlos a cabo, los cuales constituyen un costo social. En el gráfico están representados por el aumento de la demanda (Q2 - Q1) multiplicado por el nuevo CGV para los usuarios P2, es decir por el área F.
- Por último al bajar el CGV de P1a P2 también existe un beneficio social por el ahorro de recursos productivos para aquellos Q1 viajes que se venían desarrollando.

El beneficio social neto del proyecto estimado bajo el enfoque de la variación de los excedentes arroja el mismo resultado. En la situación sin proyecto el excedente del consumidor (EC) es PoAP1 y al bajar el CGV el EC aumenta en la situación con proyecto a P0BP2, por lo que su incremento entre ambas situaciones también es el área P1ABP2 que representa el beneficio neto social que provoca el mejoramiento de la carretera en este ejemplo simplificado<sup>6</sup>.

<sup>6</sup> En este ejemplo simplificado bajo el enfoque de la variación de los excedentes solo es necesario considerar el EC, pero dependiendo del proyecto vial que se trate también en otros casos se deberá

### 3.2.3 IDENTIFICACIÓN DE LOS BENEFICIOS Y COSTOS SOCIALES DE LOS PROYECTOS VIALES

Para efectuar la evaluación económica de un proyecto –más allá de qué enfoque se emplee para calcular el cambio en el bienestar social- es necesario determinar que obtiene la sociedad con la intervención propuesta y cuál es el costo que debe incurrir para ello. Esto implica identificar los distintos tipos de efectos que tiene el proyecto para la sociedad en su conjunto y a través de su valoración cuantificar sus beneficios y costos sociales.

Los efectos de los proyectos viales –al igual que otros proyectos de transporte- se dividen en directos e indirectos. Los efectos directos son lo que se producen en el mercado de transporte primario esto es en la infraestructura que es objeto de la intervención. Los efectos indirectos también son inducidos por el proyecto pero sus repercusiones se dan en infraestructuras o modos de transporte relacionados (mercados secundarios de transporte).

Si una carretera presenta relaciones de complementariedad o competencia con otra infraestructura o modos de transporte, las repercusiones que el proyecto provoca en éstos serán por definición efectos indirectos. Estos efectos solo deberán incluirse en medida que exista una distorsión en estos mercados secundarios (el precio o costo marginal privado difiere del costo marginal social) como es el caso de la congestión. Así por ejemplo se deberían incorporar los efectos positivos que provoca el proyecto al desviar tráfico de otro camino alternativo aliviando problemas de congestión que éste presente. Inversamente también se tendrían que considerar los efectos negativos de la congestión que el aumento la demanda de transporte podría generar en una ruta complementaria a la del proyecto.

Un proyecto vial también puede tener efectos positivos en otras actividades económicas donde el transporte constituye un insumo relevante para su desenvolvimiento. Pero en la medida que este efecto haya sido medido en el mercado de transporte primario no debe incluirse para evitar su doble contabilización.

Los beneficios y costos sociales en los proyectos viales están asociados fundamentalmente a los recursos productivos que se aportan para su ejecución, los recursos que se ahorra la sociedad por la mejora que introduce el proyecto en la infraestructura y por el valor social que tiene el aumento del tráfico por las mejores condiciones de la vía. Los recursos productivos aportados y/o ahorrados deberán ser estimados de acuerdo a su costo de oportunidad social para que reflejen adecuadamente la valoración social que existe por ellos.

Adicionalmente y dependiendo del tipo y la magnitud del proyecto vial que se trate pueden existir otros efectos económicos indirectos positivos o negativos como los que fueran señalados que deberán incorporarse a la evaluación siempre que no impliquen una doble contabilización como beneficios o costos del proyecto.

---

incorporar el excedente de los demás agentes involucrados entre ellos el de los productores que se define como la diferencia entre lo que efectivamente obtienen y lo que están dispuestos a recibir.

La ejecución del proyecto afecta la demanda de transporte, lo que da lugar como se vio a la distinción entre tráfico normal o existente antes de la inversión y el tráfico inducido que ésta provoca, ya sea a través del tráfico desviado de otras rutas o modos de transporte o del tráfico generado de nuevos viajes como consecuencia de las ventajas que otorga el proyecto para los usuarios.

Esta clasificación es necesaria a los efectos de establecer con precisión los beneficios y costos sociales asociados al proyecto que se presentan a continuación.

### 3.2.3.1 Beneficios sociales

Los principales beneficios sociales de los proyectos viales pueden sintetizarse en las siguientes categorías:

- En la medida que el proyecto implica la mejora en las condiciones de circulación de la vía se reduce el costo generalizado de viajes para los usuarios, lo cual determina dos tipos de ahorro de recursos para aquellos usuarios que componen el tráfico normal y desviado<sup>7</sup>:
  - a. El valor de los ahorros de tiempo de viaje para los usuarios de la infraestructura objeto del proyecto.
  - b. El ahorro de los costos de operación y de mantenimiento de los vehículos en términos de combustibles, cubiertas, repuestos, etc.
- La disposición a pagar de los nuevos usuarios de la vía por el tráfico generado. A su vez para reflejar el beneficio neto de este efecto es necesario deducir los recursos aportados por estos nuevos usuarios en términos de tiempos de viaje y de costos de operación de vehículos.
- En proyectos viales que implican una mejora de la seguridad y por tanto una reducción de accidentes, la valoración de los ahorros de costos que se encuentran asociados a ellos.
- Ahorros de recursos en términos de los menores costos de mantenimiento y operación de la infraestructura que eventualmente puede dar lugar el proyecto.
- Ahorros de costos de recursos productivos de usuarios y de la operación y mantenimiento de infraestructuras competitivas en los cuales se produzca una disminución de la congestión como consecuencia del proyecto.

### 3.2.3.2 Costos sociales

---

<sup>7</sup> Se asume que en la situación sin proyecto ambas carreteras o modos están en equilibrio lo que implica que tienen iguales CGV, por lo tanto el beneficio para el tráfico desviado es igual al que obtienen el tráfico normal esto es la disminución de los CGV respecto de la situación sin proyecto.

Los costos sociales se integran fundamentalmente con las siguientes categorías:

- Los costos de inversión del proyecto correspondientes tanto a la fase inicial de ejecución como a lo largo de su vida útil.
- Los costos de mantenimiento y operación de infraestructura considerados como beneficio social en el apartado anterior, puede también llegar a ser un costo social si de la comparación de la situación con y sin proyecto surge la necesidad de aumentar la aportación de recursos productivos por ese concepto.
- El valor de las externalidades<sup>8</sup> de tipo medioambiental (ruido, paisaje, contaminación atmosférica, del agua, etc.) que en la fase de ejecución y/o operación que afectan negativamente el bienestar de personas.
- El aumento de los costos de recursos productivos de usuarios y de la operación y mantenimiento de infraestructuras complementarias en los cuales se produzca problemas de congestión como consecuencia del incremento de la demanda del proyecto.

### 3.2.4 VALORACIÓN DE LOS BENEFICIOS Y COSTOS SOCIALES

En virtud que la evaluación económica busca cuantificar la contribución neta al bienestar de la sociedad que hace la intervención en la infraestructura vial, es necesario que los beneficios y costos identificados sean correctamente valorados, ya que la teoría económica plantea que el valor se encuentra asociado con el bienestar o utilidad.

Los impactos de los proyectos sobre el bienestar se reflejan en la modificación que estos generen en los mercados de bienes, insumos y factores, tanto a través de cambios en el consumo de diferentes bienes y servicios como en el uso de recursos, insumos y factores. Por lo tanto, es preciso que los precios que surjan de estos mercados de la interacción de la oferta y la demanda sean señales correctas para la eficiente asignación de los recursos.

Los proyectos viales como se vio suponen beneficios fundamentalmente en términos de ahorros de recursos y del consumo de mayores servicios de transporte, para lo cual a su vez se debe incurrir en costos de inversión y de mantenimiento que implican la utilización de insumos y factores productivos.

El consumo del servicio de transporte provoca bienestar al individuo que lo consume. El bienestar adicional por el consumo de una unidad adicional se denomina utilidad marginal del consumo, cuyo equivalente monetario es la disposición a pagar marginal. A su vez los recursos que se utilizan o ahorran deben ser valorados a través del concepto de costo de oportunidad, que implica el bienestar que pueden obtenerse de esos recursos y factores en su mejor uso alternativo.

---

<sup>8</sup> Se define como los efectos positivos o negativos que provoca la producción o el consumo de un bien o servicio – en este caso el transporte- a personas que no participan directamente de ella.

En una economía sin distorsiones los precios de mercado constituyen buenos indicadores de la valoración que hacen los usuarios de los servicios de transporte y del costo de oportunidad de los recursos productivos que insume o ahorra el proyecto.

Sin embargo en general los mercados presentan distorsiones en virtud de estructuras no competitivas (monopolios, oligopolios, etc.) y de regulaciones de distinta índole (impuestos, subsidios, barreras, a la entrada, etc.) que determinan que los precios de mercado no reflejen el verdadero valor económico que tienen esos servicios y recursos para la sociedad.

En estos mercados distorsionados los precios no son pues buenas señales y conducen a una situación que no es de óptimo social, lo cual hace necesario el empleo de los denominados “precios de cuenta” o “precios sombra” que limpian las distorsiones de los precios de mercado y permiten expresar el verdadero valor económico de los bienes y recursos que el proyecto involucra.

A partir de la estimación de los precios de cuenta de los factores básicos: divisas, mano de obra y la tasa social de descuento es posible obtener aproximaciones de los precios de cuenta de los rubros que integran los costos de operación de vehículos (combustible, lubricantes, neumáticos, etc), los tiempos de viaje y los costos de la inversión y mantenimiento de las infraestructuras<sup>9</sup>.

Una vez expresados los distintos rubros del proyecto a precios de mercado, a través de la multiplicación por las razones de precio de cuenta<sup>10</sup> (RPC) de cada uno de ellos se obtiene la valoración de los beneficios y costos en términos sociales.

Además, en el caso de los proyectos viales como ya se vio existen beneficios y costos que no se transan en ningún mercado y por lo tanto no hay ningún precio de referencia al que se le pueda introducir correcciones. Tal es el caso de los efectos externos medioambientales, el valor de una vida estadística, etc. para lo cual dependiendo de su magnitud e importancia habrá que hacer estimaciones específicas para el proyecto o derivarlo de otros estudios existentes.

---

<sup>9</sup> El convenio entre OPP y la FCEyA para el fortalecimiento de los insumos y procesos para la puesta en marcha del Sistema Nacional de Inversión Pública (SNIP) tiene previsto en uno de sus componentes la actualización de esos tres parámetros sociales claves. No obstante se considera conveniente que las autoridades competentes encaren periódicamente estudios que abarquen además de la actualización esos tres factores básicos, la estimación de los precios de cuenta de los rubros específicos más importantes que involucra la canasta de insumos de los proyectos viales.

<sup>10</sup> La razón de precio de cuenta es el cociente entre el precio de cuenta y el precio de mercado de un determinado bien o recurso.

### **3.3 APLICACIÓN PRACTICA**

#### **3.3.1 PERÍODO DE EVALUACIÓN**

Para realizar la evaluación económica del proyecto vial es preciso definir un determinado horizonte o período de evaluación a lo largo del cual se irán cuantificando sus distintos beneficios y costos sociales, y así a través del cálculo de ciertos indicadores se determinará su rentabilidad económica.

La definición del período de evaluación debe guardar relación con la duración o vida útil del proyecto. Sin embargo, en virtud que el proyecto puede comprender inversiones de diferente vida útil es que se recomienda para establecer el horizonte de evaluación tomar la duración de la obra más importante o representativa del proyecto.

Por ejemplo si se trata del cambio de la carpeta de rodado que a su vez comporta obras asociadas de mayor vida útil, se deberá tomar como período de evaluación la duración de la carpeta asfáltica. En cambio, puede ocurrir que la inversión como en el caso de un puente o de un túnel tenga una vida útil muy prolongada que haga necesario reducir el horizonte de evaluación, ya que a medida que nos alejamos en el tiempo por un lado la confiabilidad de las estimaciones de beneficios y costos se reducen y por otro, su valor pesa cada vez menos debido a la aplicación de la tasa de descuento para el cálculo de la rentabilidad.

En la medida que no coincida la duración de las diferentes inversiones que integran el proyecto o de sus alternativas con el período de evaluación será necesario introducir cálculos que reflejen esta situación. En el caso que sea menor se deberá poner un valor estimado por la reinversión o reposición del activo y si es mayor se deberá calcular un valor terminal o de salvamento para el proyecto al final del período de evaluación.

Conceptualmente el valor terminal refleja el beneficio neto actualizado que aporta el proyecto al bienestar social más allá del horizonte temporal de evaluación. Por lo tanto el método para el cálculo preciso de este valor es estimar los beneficios y costos sociales actualizados con posterioridad al período de evaluación hasta la finalización de su vida útil. No obstante si existen dificultades de información que pongan en duda la fiabilidad de esta estimación, un método simplificador alternativo para su cuantificación es calcular el valor en libros de los activos que componen la inversión al final del período de evaluación.

#### **3.3.2 LA DINÁMICA DE LA EVALUACIÓN**

Los proyectos viales como fuera analizado tienen desde el punto de vista del bienestar social como principales beneficios la reducción de los costos generalizados de viaje básicamente por los menores costos de operación de vehículos y tiempo de viaje de los usuarios, y el un aumento de la disposición a pagar correspondiente a los nuevos viajes que el proyecto da lugar.



Como contrapartida a esos beneficios principales, el proyecto requiere para su obtención de la utilización de recursos productivos que se encuentran básicamente involucrados en las inversiones y en los costos de mantenimiento y operación de la vía.

La contribución neta del proyecto al bienestar de la sociedad surge de comparar la medición de los beneficios y costos sociales de la situación con proyecto -considerando sus distintas alternativas técnicas- respecto de esos beneficios y costos en el caso base o situación sin proyecto a lo largo del período de evaluación.

Por esta razón en la medida que la evolución de la demanda y los beneficios y costos asociados pueden experimentar variaciones en los distintos años que conforman el período de evaluación, su cuantificación se debe realizar año a año para ambas situaciones.

### 3.3.3 EL MODELO HDM -4

El modelo HDM-4 (Highway Development and Management Model)<sup>11</sup> es un sistema de software desarrollado por el Banco Mundial que tiene una amplia utilización a nivel internacional para la evaluación económica de proyectos de infraestructura vial. Originalmente desarrollado en sus versiones anteriores hace más de tres décadas, la versión actual presenta tres aplicaciones que permiten: i) analizar estrategias a nivel de red de carreteras; ii) preparar programas de inversión; y iii) realizar la evaluación técnica y económica de proyectos carreteros.

La aplicación análisis estratégico permite estudiar una determinada red en su conjunto para la planificación de las necesidades de inversiones para el desarrollo y conservación de carreteras a mediano y largo plazo, bajo diferentes supuestos económicos y presupuestarios.

El análisis de programa permite asignar prioridades a una lista definida de proyectos candidatos para definir un programa de obras anual o plurianual, bajo restricciones presupuestarias definidas.

La aplicación análisis de proyectos del HDM-4 permite estimar la viabilidad económica o técnica de los proyectos de inversión en carreteras, incluyendo dentro de éstos los de: i) conservación periódica y rehabilitación (refuerzos, sellados, etc.); ii) mejoramiento de firmes (asfaltados, pavimentos de hormigón, etc.); iii) construcción por etapas o de nuevas carreteras; y iv) ampliación de carreteras (adición o ampliación de carriles, mejoras geométricas, etc.).

Para este análisis el modelo HDM-4 a partir del ingreso de información referida a cuestiones tales como las obras a realizar por tramo de la carretera, características técnicas de la misma, especificaciones técnicas del parque automotor que la transita y de las tasas de crecimiento del tráfico, simula para cada tramo y año del período de evaluación la evolución de sus condiciones, de los recursos requeridos para su conservación con cada estrategia definida, así como las

---

<sup>11</sup> Para un análisis detallado del modelo véase “Visión General de HDM-4”, Henry G. R. Kerali. 2000, World Road Association.

velocidades de los vehículos y los recursos físicos que se consumirían como consecuencia de su operación.

Una vez estimadas las cantidades de recursos físicos que involucra la construcción de las obras, las actividades de conservación de la carretera, la operación de vehículos y tiempos de viaje, se aplican los precios y costos unitarios especificados por el evaluador y el modelo determina los costos a precio de mercado y de cuenta de cada alternativa técnica. Luego hace el cálculo de los beneficios de cada una de ellas respecto de un caso base o sin proyecto y estima sus valores actuales netos y tasas de rentabilidad.

La aplicación análisis de proyecto del HDM-4 permite generar las siguientes salidas de información:

- Deterioro del firme y obras. Resume las condiciones anuales del firme, la cantidad de obras, el detalle de los costos anuales de obras y el programa de obras.
- Efectos para los usuarios de la carretera. Básicamente sintetiza los costos de los usuarios: operación de vehículos, tiempos de viaje y accidentes.
- Efectos medioambientales. Determina las emisiones de vehículos y el consumo de energía.
- Resultados del análisis económico. Brinda el flujo de costos anuales, los recursos ahorrados descontados e indicadores de rentabilidad (VAN, TIR, etc.)

El HDM-4 es pues un poderoso sistema para el análisis de gestión de carreteras y evaluación de proyectos viales de inversión de amplia difusión en el sector que se considera conveniente utilizar como soporte fundamental para la aplicación de la guía metodológica propuesta.

### 3.3.4 CUANTIFICACIÓN DE LOS BENEFICIOS

Para efectuar la evaluación económica del proyecto los beneficios sociales deberán cuantificarse para cada uno de los años que comprende el horizonte temporal de evaluación y se determinarán de la comparación de la situación con proyecto en sus diferentes alternativas técnicas, respecto de la situación sin proyecto.

#### 3.3.4.1 Ahorro de los CGV

El ahorro de los costos generalizados de viaje (CGV) es el principal beneficio social de los proyectos viales y comprende la disminución de los costos de operación de vehículos y la del tiempo de viajes cuya forma de cuantificación se expone a continuación.

##### **a. Costo de operación de vehículos (COV)**

Para la determinar los ahorros costos de operación de vehículos como consecuencia de una intervención en una carretera, se requiere información de base a partir de la cual el modelo HDM-4 los estima directamente. Esa información fundamentalmente comprende:

- Especificación de las características actuales de los distintos tramos en los que se ha subdividido la carretera objeto de estudio, tales como geometría, tipo y estado del pavimento, etc.
- Características del parque de vehículos que transitan por ella, clasificándolos en automóviles, utilitarios, ómnibus de pasajeros, camiones de carga medianos, semipesados y articulados.
- Características de las alternativas técnicas de intervención que se proponen para la carretera.
- Proyección del tránsito normal y desviado por tipo de vehículo.
- Costos unitarios de operación por tipo de vehículo que debe comprender los siguientes rubros: i) combustible; ii) aceite y lubricantes; iii) neumáticos; iv) repuestos; v) mantenimiento; vi) depreciación; y costos indirectos. Los costos a precios de mercado de estos rubros deben ser convertidos a costos económicos mediante la aplicación de las razones de precio de cuenta de cada uno de esos rubros.

Para cada año del período evaluación el beneficio económico por ahorro de costos de operación de vehículos será igual a:

$$\text{Beneficio } i = (\text{COVspi} - \text{COVcpi}) \times \text{TNyDi}$$

Donde:

COVspi es el costo de operación de vehículos en la situación sin proyecto en el año i

COVcpi es el costo de operación de vehículos en la situación con proyecto en el año i

TNyDi es el tráfico normal y desviado en el año i

#### **b. Costo de tiempo de viaje**

El ahorro de los tiempos de viaje les otra fuente fundamental de beneficios sociales de los proyectos viales y al igual que en el caso de los COV el modelo HDM-4 los estima.

Su valor social corresponde al costo de oportunidad del tiempo de los individuos afectados por el proyecto, pero al igual que con otros beneficios y costos (por ejemplo la reducción de accidentes o las externalidades medioambientales negativas) no se transa en ningún mercado y en consecuencia no tienen un precio de referencia.

Para encarar su estimación lo más recomendable sería realizar estudios específicos a través de encuestas en la zona del proyecto que permitieran relevar tipos de vehículos, número de

ocupantes de vehículos, motivos del viaje (trabajo u ocio), niveles de ingreso, volúmenes y tipos de carga transportada. Si esto no es posible por razones de limitaciones de recursos y/o de tiempos habrá que aplicar estimaciones “razonables” a la información de base relevada.<sup>12</sup>

La información de base debe comprender además de los ahorros de tiempo por tipo de vehículo, la cantidad de pasajeros promedio por tipo de vehículo y la clasificación por motivo de viaje entre trabajo y ocio.

La valoración social del tiempo de viaje de los usuarios de la vía depende del costo de oportunidad, es decir del tiempo que pudieran dedicar a una actividad alternativa. Los individuos dedican tiempo para realizar una actividad productiva (trabajo) o disfrutar de su tiempo libre (ocio).

En el caso en que el uso alternativo del tiempo esté relacionado con el motivo trabajo, entonces el costo de oportunidad estaría relacionado con el salario o con el ingreso que perciben por ese concepto. A falta de encuestas específicas que permitan relevar en forma precisa los niveles de ingresos de los usuarios de la carretera por motivo trabajo, habrá que tomar hipótesis razonables que eviten sobreestimar los beneficios, como pueden ser las siguientes:

- Para los choferes de camiones de carga y de omnibuses de transporte de pasajeros, utilizar los salarios de mercado predominantes en el sector para estas categorías laborales corregidos por la RPC de la mano de obra calificada. Para los choferes propietarios del resto de los vehículos privados se debería elevar el valor económico en cierto porcentaje respecto al estimado, puesto que sus niveles de ingreso muy probablemente sean mayores al de los choferes contratados.
- Para el resto de los pasajeros por motivo trabajo se puede emplear el salario mínimo nacional o el PBI p/c corregido por la RPC de la mano de obra no calificada, asumiendo así una hipótesis conservadora<sup>13</sup>.

Para valorar el tiempo de ocio que le asigna un usuario es preciso analizar el comportamiento del individuo cuando tiene que elegir entre tiempo y dinero. Para ello se emplea en general se emplean los métodos de las Encuestas de Preferencias Reveladas y el de las Encuestas de Preferencias Declaradas.

El primero básicamente implica analizar las decisiones reales que toman los individuos, a través del estudio de los medios de transporte que emplean a efectos de determinar el intercambio que efectivamente realizan entre el tiempo y el dinero. La segunda supone presentar a los usuarios

---

<sup>12</sup> Es recomendable encarar un estudio a nivel nacional del valor social de los tiempos de viaje, a partir del cual los distintos parámetros medios que se estimen a través de una metodología aceptada internacionalmente se puedan utilizar para la evaluación de los distintos proyectos viales que se encaren.

<sup>13</sup> También se asume una hipótesis conservadora si no se considera ninguna tasa de crecimiento para el nivel de las remuneraciones reales a lo largo del horizonte temporal de evaluación, pese a que es de esperar que en ese período se produzca un crecimiento del ingreso nacional.

situaciones hipotéticas entre intercambios de dinero y tiempo de viaje, de manera de inferir a través de las elecciones que realizan su disposición a pagar por los ahorros de tiempo.

Los recursos que implican la aplicación de ambos tipo de metodología para medir el valor del tiempo de ocio, hace que en general para las evaluaciones económicas se empleen a nivel internacional como hipótesis una valoración temporal que varían según el estudio entre el 25 al 50 por ciento del nivel de salarios a precio de cuenta asumido para tiempo de viaje por motivo trabajo.

Con la información de base y por medio de las estimaciones precedentes se puede calcular la valoración social del tiempo de viaje de un usuario promedio por tipo de vehículo, la cual multiplicada por el efectivo ahorro de tiempo también clasificado por tipo de vehículo que deriva de la demanda normal y desviada da a través de su sumatoria, el beneficio económico anual por este concepto a lo largo del período de evaluación.

#### 3.3.4.2 Beneficio por el tráfico generado

El tráfico generado es aquel que no existiría en la situación sin proyecto y que se crea en virtud que los usuarios actuales aumentan el número de viajes debido a las ventajas que brinda el proyecto o por que se incorporan nuevos usuarios cuyo beneficio marginal de realizar los viajes por esa carretera era inferior al CGV vigente en la situación sin proyecto.

Para el cálculo del beneficio por este concepto para cada año se aplica la denominada “regla de la mitad”<sup>14</sup>:

$$\text{Beneficio } i = (\text{CGVspi} - \text{CGVcpi}) \times \text{TGi} \times 0,5$$

Donde:

CGVspi es el costo generalizado de viaje en la situación sin proyecto en el año i  
 CGVcpi es el costo generalizado de viaje en la situación con proyecto en el año i  
 TGi es el tráfico generado en el año i

#### 3.3.4.3 Ahorro por reducción de accidentes

El modelo HDM-4 permite cuantificar el beneficio social derivado de los ahorros de costos para la economía que supone la reducción de accidentes por efecto del proyecto vial que se evalúa. Sin embargo, salvo que el proyecto vial tenga por objetivo principal la disminución de la siniestralidad no es siempre recomendable su inclusión en la evaluación, ya que las dificultades

<sup>14</sup> Corresponde al excedente del consumidor de estos nuevos usuarios que derivan de su disposición a pagar menos lo que efectivamente pagan (CGVcpi).

para la estimación de este concepto pueden llevar a sobreestimar el beneficio neto y así justificar proyectos de baja rentabilidad económica.

Para cuantificar este beneficio es necesario calcular la disminución que experimenta la tasa de accidentes después de las mejoras en la vía y combinado con el valor económico relacionado con las consecuencias de cada tipo de accidentes, llegar a los ahorros totales que suponen su reducción.

Los costos para la economía asociados a los accidentes de tráfico son los que derivan de las pérdidas de vidas humanas y las lesiones personales, los daños a los vehículos, la infraestructura y otros activos y otros costos tales como los costos hospitalarios, policiales, judiciales<sup>15</sup>. De acuerdo a estudios internacionales el costo más importante, y el que mayores dificultades genera para su estimación es el que está asociado a la pérdida de vidas humanas o de lesiones por los accidentes.

En razón que el proyecto incorpora medidas para bajar la siniestralidad se disminuye la probabilidad de accidentes y por tanto el riesgo de pérdidas de vida humanas y de lesionados. Este descenso del nivel de riesgo de la carretera en relación a la situación sin proyecto implica un aumento de bienestar para sus usuarios que debe ser considerado como beneficio social.

Cuando se habla del valor de una vida humana lo que se está haciendo referencia no es a su “precio” que no lo tiene, sino a la valoración del descenso en el nivel de riesgo de sufrir un accidente mortal<sup>16</sup> o de lesiones de diversa entidad (graves, leves, etc.). Este “bien” no tiene mercado y para valorarlo es necesario estimar la disposición a pagar por la baja del riesgo o la disposición a recibir por el incremento del riesgo que tienen los usuarios, utilizando para ello métodos como los señalados para estimar los tiempos de viaje que se basan en mercados reales o hipotéticos.

A estas valoraciones del riesgo de pérdida de vidas y de lesiones, habrá que sumar el cálculo de los ahorros de costos económicos provenientes de los daños a la propiedad y otros que están asociados a los accidentes para llegar a la estimación del beneficio social por este concepto. Para ello habrá que establecer los diferentes partidas de costos y aplicarles las razones de precios de cuenta correspondientes.

#### 3.3.4.4 Ahorro por reducción de la congestión

Debido a las mejoras que introduce la intervención proyectada en la vía se puede producir el desvío de tráfico de otra vía alternativa y este beneficio directo por el tráfico desviado se asimila como se vio al de los usuarios del tráfico normal de la vía del proyecto.

---

<sup>15</sup> La variabilidad que pueden tener los accidentes en términos de muertes, lesionados y daños a la propiedad y otros costos, sumado a la complejidad de valorar alguno de estos conceptos hace recomendable un estudio a nivel nacional que estime parámetros medios para que puedan ser utilizados para un cálculo fiable de este beneficio en la evaluación de los proyectos viales.

<sup>16</sup> También se le denomina valor de una vida estadística.

Sin embargo puede ocurrir que en esa vía alternativa haya congestión, por lo que el tráfico desviado puede aliviar esa problemática generando no solo el referido beneficio directo en los usuarios “desviados” a la vía del proyecto, sino también un beneficio indirecto en los usuarios que seguirán transitando en la vía alternativa que verán disminuir sus CGV respecto de la situación sin proyecto debido precisamente al mejoramiento que presentan los problemas de congestión.

Por lo tanto en este caso habría adicionalmente un beneficio por el ahorro de costos de los usuarios de la infraestructura competitiva<sup>17</sup>, debido a la baja que se produce en sus CGV como consecuencia de la disminución de la congestión por efecto del proyecto.

El cálculo del beneficio<sup>18</sup> por este concepto para cada año sería:

$$\text{Beneficio } i = (\text{CGVspvi} - \text{CGVcpvi}) \times \text{TNvi}$$

Donde:

CGVspvi es el costo generalizado de viaje en la situación sin proyecto de la vía alternativa congestionada en el año i

CGVcpvi es el costo generalizado de viaje en la situación con proyecto de la vía alternativa congestionada en el año i

TNvi es el tráfico normal de la vía alternativa en el año i deducido el desviado al proyecto.

### 3.3.5 CUANTIFICACIÓN DE LOS COSTOS

#### 3.3.5.1 Costos de inversión y de mantenimiento vial

Como fuera señalado a partir de la definición del problema en la infraestructura vial, se debe establecer tanto el caso base o situación sin proyecto y las alternativas técnicas para su resolución, puesto que éstas representan las variantes de la situación con proyecto que deben ser evaluadas.

La definición del caso base y de las distintas alternativas relevantes para la evaluación debe comprender una detallada descripción física, técnica y operativa que permita realizar en forma precisa la proyección a lo largo del período de evaluación de los costos de obras y de

<sup>17</sup> También debido a la mejora en la congestión por efecto del proyecto podría haber un ahorro de recursos en términos de menores costos de mantenimiento de la vía alternativa, cuya incorporación a la evaluación económica debe hacerse a precios de cuenta.

<sup>18</sup> Inversamente, este beneficio puede transformarse en un costo a incluir en la evaluación, si por efecto del proyecto se crean problemas de congestión de tránsito en una ruta complementaria.

mantenimiento anual que tienen asociados, de manera de cuantificar los costos incrementales en esta materia por efecto del proyecto.

Para ello y en función de los objetivos en cuanto a las características funcionales que se pretende de la carretera del proyecto, se deben establecer diferentes estándares de construcción de obras y de mantenimiento y aplicar el modelo HDM-4 para el cálculo de los costos de construcción y de mantenimiento en la situación con y sin proyecto.

En efecto, el HDM-4 a partir de la modelización de las interrelaciones entre las condiciones del medio ambiente, la definición estándares de obras, de mantenimiento y de geometría de la carretera permite calcular los costos de construcción, de mantenimiento y de usuarios de carreteras a lo largo del horizonte temporal de evaluación.

A partir de la especificación de los estándares de mejoras que se determinen para los distintos tramos de las situaciones con y sin proyecto en combinación con la estimación de los costos unitarios de los diferentes rubros que lo componen, el modelo cuantifica las inversiones en obras.

Además de los costos de las obras propiamente dichas es preciso considerar dentro de las inversiones a los:

- Costos de los estudios y de organización previos al comienzo de la inversión en la medida que sean costos evitables del proyecto a la hora de la evaluación, es decir que no constituyan costos hundidos del proyecto.
- Costos de activos (vehículos, maquinaria, etc.) con destino exclusivo a la construcción, mantenimiento u operación de la infraestructura objeto del proyecto.
- Costos en la fase de ejecución del proyecto que afectan a los usuarios del transporte a través de las interferencias que se generan en el tránsito (desvíos, demoras, etc.)<sup>19</sup>.

Como ya fuera analizado en un apartado anterior, en la medida en que en general no coincide la vida útil de las inversiones con el período de evaluación se deberá prever las inversiones de reposición y asignarles un valor terminal o de salvamento al final del mismo.

La inclusión de los costos anuales de mantenimiento resultan de real trascendencia, ya que le da la necesaria sustentabilidad al proyecto a través del tiempo. El modelo HDM-4 los calcula tomando en consideración -además de los costos unitarios estimados- las obras proyectadas, los

---

<sup>19</sup> Otros costos de la fase de ejecución tales como por ejemplo aquellos relacionados con la seguridad del tránsito (semáforos, personal para orientarlo, etc.), la efectiva construcción de un desvío, etc. deben considerarse dentro de los costos de las obras proyectadas.



estándares de mantenimiento que se definan y las relaciones de deterioro de la vía por efecto del tráfico.

Los costos unitarios de los diferentes rubros en que es posible desagregar las inversiones y los trabajos de mantenimiento viales deberán estimarse a precios de mercado, para luego ser corregidos por las razones de precio de cuenta correspondientes de forma de reflejar los verdaderos costos del proyecto para la economía.

El cálculo de los costos sociales por este concepto para cada año sería:

$$\text{Costo } i = (\text{CIMcpi} - \text{CIMspvi} + \text{VTcpi} - \text{VTspi})$$

Donde:

CIMcpi es el costo de inversión y mantenimiento de la vía en la situación con proyecto en el año i

CIMspvi es el costo de inversión y mantenimiento de la vía en la situación sin proyecto en el año i

VTcpi es el valor terminal o de salvamento de la inversión de la vía en la situación con proyecto en el año i

VTspi es el valor terminal o de salvamento de la inversión de la vía en la situación sin proyecto en el año i

### 3.3.5.2 Costos medioambientales

La inclusión de los impactos medioambientales en la evaluación económica de los proyectos de inversión asume cada vez más una importancia creciente. En el caso de los proyectos viales las externalidades de tipo medioambiental que afectan negativamente el bienestar de las personas tales como el ruido, el deterioro de la naturaleza y el paisaje, la contaminación atmosférica, del suelo y del agua, el calentamiento global, etc. pueden llegar a ser de relevancia y formar parte de los costos sociales.

Sin embargo, su consideración en la evaluación no resulta sencilla puesto que conlleva dificultades tanto la medición física de los efectos sobre el medio ambiente, como su valoración económica al no transarse en ningún mercado y por tanto no existir un precio de referencia.

Dependiendo del tipo de efecto medio ambiental que se trate es posible emplear diferentes alternativas metodológicas para su valoración económica como es el caso de los costos de mitigación, costos de viaje, precios hedónicos o evaluación contingente.

Sin embargo, debido a las limitaciones en cuanto a tiempo y recursos pocos serán los proyectos viales donde puedan encararse estudios específicos para medir y valorar los efectos medioambientales negativos que estos presentan mediante las referidas metodologías. Frente a esta situación deberán utilizarse para los diferentes impactos valores estimados en otros estudios a nivel nacional o internacional, siempre que su transferencia a la evaluación del proyecto sea realista.

Además, en virtud que el modelo HDM-4 calcula las emisiones de los vehículos y el consumo de energía deberían incorporarse estas mediciones al análisis.

### 3.3.6 CRITERIOS DE DECISIÓN

Una vez determinados los costos y beneficios sociales anuales a lo largo del horizonte temporal de evaluación para la situación con y sin proyecto, se deberá construir el flujo de fondos expresado en términos incrementales para reflejar la comparación de ambas situaciones, a partir del cual se calcularán los indicadores de rentabilidad más relevantes para determinar la viabilidad económica del proyecto vial.

#### 3.3.6.1 Valor Actual Neto Económico

Los beneficios y costos sociales del proyecto de cada año del período de evaluación deben ser actualizados al momento del año base mediante la aplicación de la tasa social de descuento<sup>20</sup>. De esta manera queda reflejado el valor tiempo del dinero a través de la consideración del costo de oportunidad del capital invertido en el proyecto vial que se evalúa.

El valor actual neto económico (VANE) será pues la sumatoria de los beneficios netos sociales de cada año del flujo de fondos del proyecto actualizados a la tasa social de descuento:

$$VANE = \sum_{n=0}^T (B_n - C_n) / (1 + r)^n$$

donde:

VANE = valor actual neto económico  
 B<sub>n</sub> = beneficio social del proyecto en el año n  
 C<sub>n</sub> = costo social del proyecto en el año n  
 r = tasa social de descuento  
 T = período de evaluación

El criterio de aceptación es cuando el VANE es positivo, es decir que el proyecto será económicamente rentable a la tasa social de descuento utilizada. El VANE nos indicará cuanto

<sup>20</sup> Este parámetro está siendo actualizado en el marco del convenio entre OPP y la FCEyA para el fortalecimiento de los insumos y procesos para la puesta en marcha del Sistema Nacional de Inversión Pública (SNIP).

aumentará o disminuirá en caso de ser negativo el bienestar de la sociedad por efecto del proyecto.

En virtud de este significado y en el hipotético caso que no hubiera restricción presupuestaria deberían encararse todos los proyectos viales con un VANE positivo, priorizando el orden de ejecución de los proyectos si ello fuera necesario en función de los mayores importes que arrojen en este indicador. De manera similar, entre alternativas mutuamente excluyentes se debe seleccionar la que presenta el mayor VANE.

En el caso que existan restricciones presupuestales, para la priorización de los proyectos se debe considerar además del VANE el tamaño de la inversión a financiar, a través del cálculo de la razón: VANE/I que es un indicador del retorno esperado por unidad de inversión. Esta razón constituye una buena medida de la eficiencia de la inversión y es recomendable para asignar prioridades entre proyectos en los casos de racionamiento de capital.

### 3.3.6.2 Tasa Interna de Retorno Económica

La tasa interna de retorno económico (TIRE) se define como la tasa de descuento que hace que el valor actual de los beneficios sociales del proyecto sea igual al valor actual de sus costos sociales, es decir la tasa que hace que el VANE sea 0.

$$\text{TIRE} = r \text{ tal que } \sum_{n=0}^T (B_n - C_n) / (1 + r)^n = 0$$

Si la TIRE resulta superior a la tasa social de descuento, entonces el proyecto es rentable económicamente.

La TIRE es una medida de la rentabilidad de la inversión, por lo tanto cuanto mayor es, más atractivo resulta el proyecto. Sin embargo, no brinda información sobre el tamaño de los costos de inversión ni de los beneficios netos derivados del proyecto, por lo que no es recomendable para comparar proyectos bajo restricciones presupuestales<sup>21</sup>.

---

<sup>21</sup> Cuando el flujo de fondos del proyecto cambia más de una vez de signo en el período de evaluación, por ejemplo en sus primeros años tiene costos y después en los años subsiguientes presenta beneficios netos que se combinan con algún otro de costos netos, la TIR arroja más de un resultado y no debe aplicarse en esos casos ya que puede llevar a una decisión equivocada.

### 3.3.6.3 Razón Beneficio-Costo

Es el valor que resulta del cociente entre los beneficios y costos sociales actualizados a la tasa social de descuento.

$$RBC = \sum_{n=0}^T [(Bn)/(1+r)^n] / [(Cn)/(1+r)^n]$$

donde:

RBC = relación beneficio costo económica  
 Bn = beneficio social del proyecto en el año n  
 Cn = costo social del proyecto en el año n  
 r = tasa social de descuento  
 T = período de evaluación

La RBC es una medida de rentabilidad del proyecto, pero al igual que la TIRE no da indicaciones del tamaño de la inversión ni de los beneficios netos que involucra el proyecto.

### 3.3.6.4 Tasa de rentabilidad inmediata

Para establecer el momento socialmente óptimo para realizar el proyecto de inversión vial se debe utilizar el criterio de la tasa de rentabilidad inmediata (TRI) también denominado “beneficio del primer año”. Se define como el cociente entre el beneficio neto obtenido en el año posterior a la ejecución del proyecto y el costo total de la inversión:

$$TRI = (B1 - C1) / I$$

Este indicador señala que el momento óptimo para la inversión se da cuando la TRI es mayor a la tasa social de descuento que representa el costo social de oportunidad del capital. En el caso que esta razón para el proyecto vial que se evalúa sea menor a la tasa social de descuento deberá entonces demorarse el proyecto hasta el año en el que se cumpla con el criterio precedente.

### 3.3.7 ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD Y RIESGO

Los proyectos viales al igual que otros proyectos de inversión involucran cierto grado de incertidumbre respecto de los resultados proyectados. Por lo tanto, la decisión de realización del proyecto por parte de la autoridad competente tiene asociado elementos de riesgo, que deben ser analizados en el marco de la evaluación del proyecto vial que está en estudio.

El tratamiento del riesgo del proyecto deberá ser abordado al menos a través de un análisis de sensibilidad que tome en cuenta posibles variaciones de a una vez (modelo unidimensional) en los valores estimados de las categorías más importantes de costos y beneficios y en la tasa de descuento, mostrando en cada caso el impacto que ello tiene en la rentabilidad del proyecto.

Su aplicación supone identificar las variables que más afectan la viabilidad del proyecto vial, tales como los costos de inversión, las tasas de crecimiento del tráfico, los ahorros en los CGV, la tasa de descuento, etc. Luego se procede a aplicarles cambios porcentuales en sus valores (+/- 20%, 50%, 100%) respecto del caso base que impliquen castigos al proyecto y se vuelve a calcular su rentabilidad, analizando el efecto de los cambios en las variables en las que el proyecto es más sensible.

En forma complementaria se calcularán el porcentaje de incremento en el costo de inversión o de reducción de los beneficios que determinan que la rentabilidad del proyecto se torna nula, haciendo un análisis de ello.

También podrá aplicarse un análisis de escenarios que estudie el efecto combinado de un conjunto de parámetros sobre la viabilidad del proyecto o un análisis de riesgo que asigne probabilidades de ocurrencia a las variables del proyecto y a partir de ello estudie cambios combinados de sus valores.

### 3.3.8 EVALUACIÓN FINANCIERA

La evaluación económica bajo el enfoque del análisis costo-beneficio (ACB) es la herramienta que debe utilizarse para dar racionalidad económica a la toma de decisiones en cuanto a la selección de proyectos viales, en la medida que es la que permite medir la contribución neta al bienestar de la sociedad que realizan los proyectos.

Sin embargo, puede haber proyectos viales para los cuales también sea de interés realizar una evaluación financiera. Esta tiene por objetivo medir el retorno financiero de la inversión, por lo cual el punto de vista del análisis es el del agente económico que promueve el proyecto.

En línea con esos dos aspectos, la evaluación financiera solo considera los ingresos y egresos del agente desde cuyo punto de vista se efectúa el análisis del proyecto, empleando para su cuantificación los precios de mercado que son en definitiva los que paga y percibe por los recursos que empleará y los servicios que prestará e incluyendo posibles pagos de impuestos o percepción de subsidios.

A partir de la cuantificación de ingresos y egresos que dan lugar a egresos de fondos, se confecciona el flujo de fondos del proyecto precisamente bajo ese “criterio de caja” y se determina su viabilidad financiera a través de los indicadores de rentabilidad como el VAN o la TIR<sup>22</sup>.

---

<sup>22</sup> La evaluación financiera puede realizarse desde el punto de vista de la “inversión en si misma” lo que implica calcular la rentabilidad sobre el total de la inversión sin considerar las modalidades de financiamiento del proyecto. También puede efectuarse desde el punto de vista del “inversionista” que

La evaluación financiera al cuantificar la rentabilidad financiera de la inversión, es de particular interés para aquellos proyectos viales donde exista la participación de agentes privados en su ejecución, puesto que éstos persiguen la obtención del máximo beneficio privado sobre el capital que aportan.

Sin embargo, en la medida que este análisis implica estimar los ingresos y costos financieros para quien lo ejecute, esta perspectiva también puede ser de utilidad para proyectos viales desarrollados por agentes públicos, ya que da una visión de su impacto en las finanzas públicas.

### 3.3.9 IMPACTOS DISTRIBUTIVOS

Los proyectos viales no solo tienen un efecto sobre la eficiencia del sistema, sino también impactan sobre la distribución del ingreso de grupos de personas o territorios que pueden verse beneficiados o perjudicados por su ejecución. En este sentido, los efectos redistributivos que en la renta personal o geográfica se estima generará el proyecto pueden estar en línea o no con los objetivos que en esta materia establezcan los decisores políticos como representantes del conjunto de la sociedad.

En consecuencia, más allá de las dificultades metodológicas y de información que existen para la medición de los efectos redistributivos del proyecto, en la evaluación se deben incorporar aspectos de equidad en términos de un análisis de cuáles son los grupos o territorios beneficiados y/o perjudicados por el proyecto.

A partir de esta identificación se pueden calcular indicadores del tipo costo-efectividad a los efectos de comparar con otros proyectos, tales como:

- Cociente entre el total de la inversión y la población beneficiaria del proyecto.
- Cociente entre el total de la inversión y la población de bajos ingresos beneficiaria del proyecto.
- Cociente entre el total de la inversión y la población rural beneficiaria del proyecto.

---

estima el retorno sobre el capital propio que aporta el inversionista, y por tanto incluye como costo el servicio de deuda del financiamiento que se adoptará para el proyecto.

## 4 ANEXO: APLICACION PRACTICA DEL ENFOQUE DE MARCO LOGICO

A continuación se presenta un caso simplificado de aplicación del enfoque de marco lógico a un proyecto vial<sup>23</sup>, siguiendo los pasos que se encuentran expuestos en el documento Metodología de Formulación y Evaluación Social de Proyectos de Inversión Pública.

### 1. Análisis o Arbol de Problemas

En esta etapa se identifican los problemas que afectan a la población priorizada y se establecen sus interrelaciones mediante un diagrama de relaciones de causas y efectos. La elaboración de un árbol de problemas, supone ubicar el problema principal en la parte central del árbol, como el tronco, las causas de dicho problema como sus raíces, y los efectos que conlleva como sus ramas.

En este proceso es necesario pues determinar claramente en primer término cual es el *problema central*, a partir del cual será posible identificar las alternativas de solución. Por ejemplo un problema central sería:

- Alta tasa de accidentes en un tramo de una carretera

A partir de la determinación del problema central se deben establecer hacia abajo sus causas que son reagrupadas y jerarquizadas por niveles de acuerdo a su impacto sobre el problema central: algunas serán causas con impacto directo y otras lo afectarán indirectamente a través de las anteriores (causas raíz). La elaboración del árbol de causas supone establecer sus encadenamientos.

En el ejemplo las causas podrían seguir el siguiente encadenamiento:

- Alto número de peatones cruzando la carretera
  - No existe puente peatonal
  - Conducta imprudente de los peatones
- No existe señalización
  - No hay semáforos
  - No hay señales de prioridad
- Inadecuada velocidad de los vehículos
  - Comportamiento imprudente de los conductores

---

<sup>23</sup> El caso está tomado de un ejemplo que se encuentra expuesto en “Metodología del marco lógico para la planificación, el seguimiento y la evaluación de proyectos y programas” Serie Manuales del ILPES, Santiago de Chile 2005.

Del problema central además de las causas se deben definir sus efectos más relevantes, de manera de analizar y comprobar la importancia del problema en cuestión. La construcción del *árbol de efectos* debe realizarse de manera ascendente siguiendo un orden causal.

En el ejemplo serían efectos del problema central definido los siguientes:

- Alta mortalidad
- Alto número de heridos
  - Altos costos de atención de salud
  - Inasistencia laboral
- Importantes daños a la propiedad
  - Altos costos de reparación

El árbol de problemas se completa con la validación de las interrelaciones entre las causas y los efectos que el problema central genera.

## 2. Análisis de los Involucrados

Supone identificar las personas y/o instituciones involucradas en el proyecto. Se pueden clasificar en:

- los beneficiarios directos del Proyecto
- los beneficiarios indirectos
- los neutrales o excluidos
- los perjudicados y los que se oponen

Es conveniente analizar sus intereses y las estrategias para dirimir conflictos en la medida que estos sean contrapuestos.

En el ejemplo los beneficiarios directos serían los pobladores de la zona que deben cruzar la carretera, mientras que los conductores que pueden ver disminuida su velocidad de circulación podrían ser un grupo perjudicado.

## 3. Análisis o Arbol de Objetivos

El análisis de los objetivos tiene por finalidad describir la situación futura a la que se desea llegar una vez resueltos los problemas identificados en la etapa anterior. Consiste en convertir el árbol de problemas en árbol de objetivos o soluciones a dichos problemas, lo cual implica transformar las condiciones negativas del árbol de problemas en condiciones positivas que son deseables y viables de alcanzar.

Para ello se deben seguir los siguientes pasos:

- Se selecciona el Problema Central del árbol de problemas y se lo transforma en un objetivo central.



- Las Causas del problema permiten la formulación de los Objetivos del proyecto y se transforman en los Medios para alcanzarlos.
- Las consecuencias o Efectos se convierten en los Fines.

En el ejemplo la transformación de las causas en medios sería la siguiente:

- Bajo número de peatones cruzando la carretera
  - Existe puente peatonal
  - Conducta prudente de los peatones
- Existe señalización
  - Hay semáforos
  - Hay señales de prioridad
- Adecuada velocidad de los vehículos
  - Comportamiento prudente de los conductores

Por su parte el cambio de los efectos a los fines sería:

- Baja mortalidad
- Menor número de heridos
  - Menores costos de atención de salud
  - Menor inasistencia laboral
- Menores daños a la propiedad
  - Menores costos de reparación

El Árbol de Objetivos queda especificado una vez validada todas las interrelaciones entre Medios-Fines-Objetivos.

#### 4. Análisis de Alternativas

El análisis de alternativas consiste en identificar aquellas estrategias alternativas a partir del Árbol de objetivos, que en caso de ejecutarse, podrían transformar la situación actual en la situación futura deseada.

Esto implica en primer término la identificación de acciones que permitan operacionalizar los medios definidos. Por ejemplo:

- Existe puente peatonal – construir pasarela peatonal.
- Conducta prudente de los peatones – realizar campaña educativa.
- Hay semáforos – instalar semáforo.
- Hay señales de prioridad – instalar cartel de Pare.
- Comportamiento prudente de los conductores – realizar campaña de sensibilización.

A partir de las acciones que dan solución al problema se deben establecer las alternativas viables al proyecto. Para su formulación es preciso distinguir entre aquellas acciones que son

complementarias, es decir que se pueden realizar en conjunto, de aquellas que son excluyentes, o sea que su realización implica excluir a la otra.

De las acciones establecidas en el ejemplo se podrían derivar las siguientes alternativas de solución:

- Construir una pasarela peatonal sumada a la realización de una campaña educacional de la población objetivo.
- Instalar un cartel de Pare sumada a la campaña educacional de la población y a una campaña de sensibilización dirigida a los conductores que transitan por esa carretera.
- Instalar un semáforo a lo que se sumaría las campañas educacionales y de sensibilización.

Estas tres alternativas serán las que deberán ser evaluadas para seleccionar la estrategia (alternativa) más conveniente del proyecto.