

ANEXO 1

METODOLOGÍA DE EVALUACIÓN

Esta metodología corresponde a la presentada en el documento: Centro de Estudios para la Preparación y Evaluación Socioeconómica de Proyectos (CEPEP), SHCP-BANOBRAS, S.N.C., 1996. “Evaluación Social a Nivel de Perfil del Proyecto Puente Moya en la Ciudad de Mendoza”. La cual sirvió de base para la realización de este estudio.

Red Vial Relevante

La red vial relevante se define como todas aquellas vías cuyos flujos vehiculares se van a ver afectados por la puesta en operación de un proyecto. Para poder establecerla es necesario determinar dos aspectos fundamentales:

- El área de influencia del proyecto y los flujos vehiculares.
- Zonificar dicha área, lo cual consiste en dividir el área en zonas de origen - destino.

Para poder determinar estos dos aspectos, es indispensable una encuesta origen - destino, la cual debe dar información confiable sobre los siguientes puntos:

- Rutas para llegar al destino
- Rutas para salir del origen
- Motivo de viaje (*trabajo, vacaciones, otros*)
- Tasa de ocupación vehicular (*número de personas que van en cada auto*)
- Tipo de vehículo (*automóvil, autobús, camión de carga*)
- Horario de circulación
- Conteo vehicular (*aforos*)

Una vez que se tiene zonificada el área de influencia del proyecto, es posible establecer la oferta de rutas de traslado entre las diferentes zonas, es decir, la Red Vial Relevante. Esta Red varía de acuerdo a la influencia que tenga el proyecto en las diferentes vialidades que la componen.

Costos Generalizados de Viaje

Los costos generalizados de viaje (CGV) están compuestos por los costos de operación y mantenimiento de los vehículos y por el costo del tiempo de las personas. Estos CGV y los flujos vehiculares están íntimamente relacionados, pues uno está en función de otro, es decir, a medida que la demanda vehicular aumenta los CGV también sufren un incremento, el cual no siempre es directamente proporcional, sino que puede ser mayor. El aumento de estos CGV se debe a la congestión vehicular. Debido a esto, en los proyectos viales, para calcular los costos y beneficios, es necesario periodizar y estacionalizar la demanda vehicular.

a) Periodización

La Periodización, como su nombre lo indica, consiste en organizar la información sobre los aforos vehiculares (*flujo vehicular*) en períodos homogéneos. Generalmente, la demanda se divide en tres períodos:

- Período de circulación baja. Es el período del día en el cual el flujo vehicular es mas bajo.
- Período de circulación media. Es el período del día en el cual el flujo vehicular es mayor que en el período bajo, sin embargo no llega a ser el máximo.
- Período de circulación alta. Es el período del día en el cual el flujo vehicular es el más alto.

b) Estacionalidad

Esta actividad consiste en definir si existen meses en los cuales el flujo vehicular es distinto, es decir, no tiene el mismo comportamiento. Por ejemplo, en algunas ciudades, el flujo vehicular disminuye en época de vacaciones y existen algunas zonas o puntos turísticos (*a veces ciudades enteras*) en las cuales en esta época el flujo vehicular se incrementa. Por lo anterior, el CGV será distinto en las estaciones en las cuales se puede dividir un año.

c) Tramificación

Generalmente, la tramificación se utiliza más en proyectos interurbanos o en proyectos intraurbanos en los que las distancias de recorrido sean relativamente grandes. Esto se debe a que en la vialidad mejorada por el proyecto se producirán secciones en las que los volúmenes vehiculares serán diferentes. Debido a esto es

conveniente tramificar la vialidad para saber en cuáles tramos la demanda vehicular es diferente, ya que un proyecto afectará en forma diferente la oferta que tienen los vehículos para circular en algunos de los tramos de la vialidad mencionada.

Lo anterior lleva a concluir que en cada tramo o sección de un proyecto, es posible identificar diferentes costos y beneficios. Por esta razón, la tramificación permite asignar a cada tramo o sección del proyecto la rentabilidad que realmente le corresponde, en virtud de los costos y beneficios que genera, pudiendo tomar decisiones respecto al momento y tamaño óptimo de cada tramo.

d) Análisis de la red vial

Para la determinación de la rentabilidad económica de un proyecto vial en el cual no existe tránsito generado es conveniente hacer lo siguiente:

- Determinar los tramos de la red que se verán afectados por el proyecto.
- Determinar los flujos vehiculares que circularán por dichos tramos, en la situación sin proyecto y para todo el período de análisis.
- Determinar las inversiones que se requerirán en la situación sin proyecto y para todo el período de análisis, incluyendo tanto las inversiones en infraestructura como las conservaciones.
- Reasignar los flujos vehiculares determinados en el segundo punto considerando las nuevas características de la red, en la situación con proyecto.
- Determinar el beneficio para cada año del período de análisis.
- Determinar el total de inversiones (*incluyendo todos los tramos*), para cada año del período de análisis y para las situaciones con y sin proyecto.
- Determinar los costos para cada año del período de análisis

- Conocidos los anteriores costos y beneficios, se puede determinar con facilidad la rentabilidad. Para el caso en que existe tránsito generado será conveniente analizar los mercados que lo generan, pues los beneficios serán percibidos principalmente en ellos.

e) Identificación de beneficios

Basado en que el transporte es un bien y como tal se rige por las leyes del mercado, existe una demanda por este bien, la cual refleja la disponibilidad a pagar por viajes y existe una oferta que representa el costo en que se incurre para realizar dichos viajes. Lo anterior lo podemos esquematizar en la figura 1. En la figura podemos observar las curvas de oferta y demanda de transporte. Ambas curvas están expresadas en términos privados, es decir, a precios de mercado

El costo que percibe el usuario que se incorpora a una ruta es el CGV, por lo que también se le conoce como costo marginal privado, CMgP. Basado en que el CGV es el costo que percibe cada uno de los usuarios de la vía, también será igual al costo medio social, CMeS.

Como podemos apreciar en la gráfica, el beneficio neto para los usuarios, o excedente del consumidor, es el triángulo ABC, el cual corresponde a la diferencia entre lo que están dispuestos a pagar por los viajes los usuarios, área OABQo, y el costo que realmente pagan, área OCBQo.

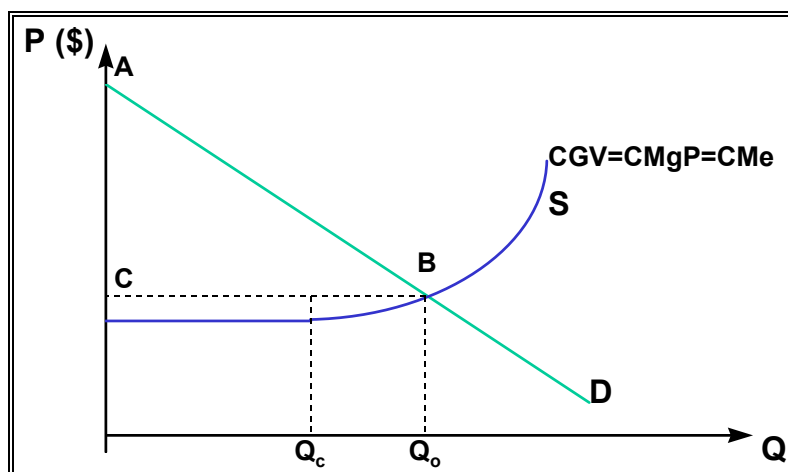


Figura 1 Oferta y Demanda de Transporte

En la figura podemos observar lo que ya se ha mencionado anteriormente de que a medida que aumenta el flujo vehicular en una

vía, el CGV aumenta debido a la congestión vehicular, esta situación se refleja a partir de un nivel de tránsito Q_c .

Cuando una ruta presenta congestión vehicular, la incorporación de un nuevo vehículo afectará a todos los usuarios de la ruta, al aumentar la congestión, es decir, el costo marginal social ($CMgS$) será mayor que el costo marginal privado ($CMgP$) del vehículo que se incorpora. Esto lo podemos observar en la figura 2

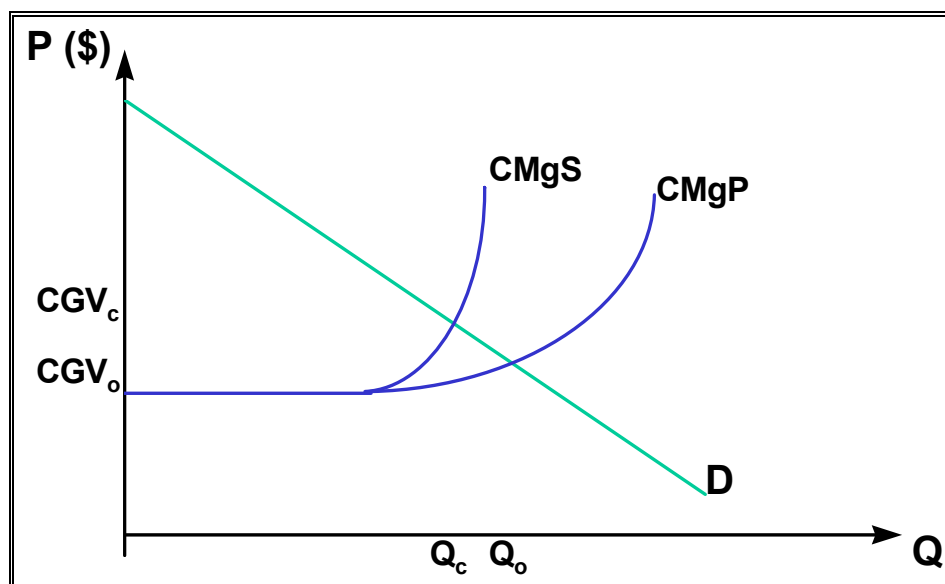


Figura 2. Ruta Congestionada

Para conocer los beneficios de un proyecto vial es fundamental estimar la demanda vehicular de las vías que pertenezcan a la red vial relevante.

F) Estimación de la demanda

Como la metodología de evaluación se basa en comparar las situaciones “sin “ y “con” proyecto se tienen las siguientes etapas en el análisis de la demanda:

- Demanda en la situación actual

Corresponde al número de vehículos que circulan por cualquiera de las vías que pertenecen a la red vial relevante. El flujo vehicular de un camino se representa por el TPDA (Tráfico Promedio Diario anual), que es la cantidad de vehículos que

circulan cada día, en ambas direcciones, en promedio durante el año.

- Demanda en la situación “sin” proyecto

Su objetivo es determinar los flujos vehiculares que serán reasignados debido a la optimización de la situación actual.

- Demanda en la situación “con” proyecto

El objetivo en este punto es hacer una proyección del flujo vehicular que utilizará la red vial relevante para el proyecto.

Esta demanda está compuesta por cuatro tipos de tránsito vehicular:

- i. Tránsito no reasignado, éste se refiere al tránsito que no modifica su ruta de viaje debido a la ejecución del proyecto.
- ii. Estos usuarios pueden ver modificaciones en sus CGV debido a la puesta en marcha del proyecto, siendo estas, modificaciones los beneficios indirectos del proyecto correspondientes al tránsito normal.
- iii. Tránsito desviado, es aquel tránsito que aunque no cambia su origen- destino, si cambia la ruta que utiliza para realizar el trayecto debido a que de esta forma tiene una disminución en el CGV provocada por la puesta en marcha de un proyecto.
- iv. Tránsito transferido, son usuarios que además de modificar su ruta de viaje varían su origen - destino, debido a que con la ejecución de un proyecto pueden cambiar sus alternativas de destino.
- v. Tránsito generado, son nuevos usuarios que se incorporan al flujo vehicular con sus respectivos orígenes y destinos, incentivados por la ejecución de un proyecto.

En la Figura 3 se presentan las curvas de CGV, tanto para la situación sin proyecto (CGVsp), como para la situación con proyecto (CGVcp). La puesta en operación del proyecto produce una disminución de la curva CGV y por lo tanto un beneficio directo.

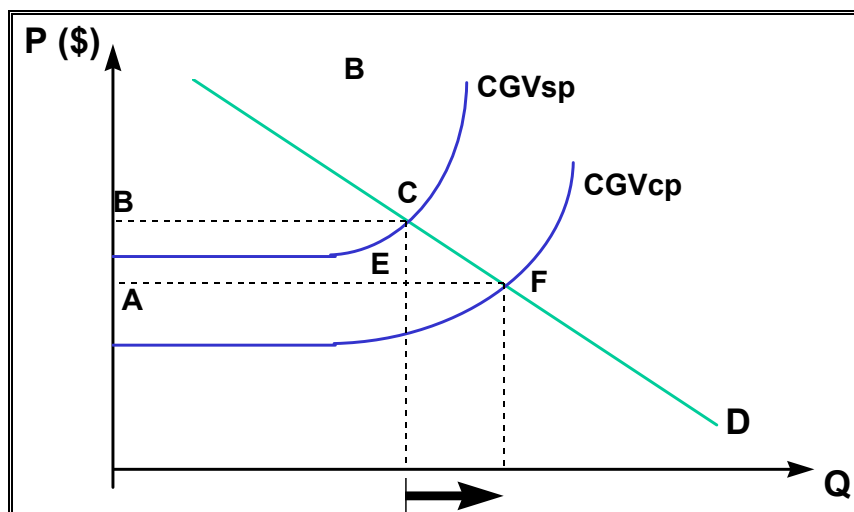


Figura 3 Beneficios Directos de un Proyecto Vial

En la Figura 3 el área $ABCE$ corresponde a una liberación de recursos o aumento en el excedente del consumidor, asociado al tránsito normal del camino que mejora el proyecto. El área CEF corresponde al aumento del excedente del consumidor asociado al tránsito desviado, transferido y generado, que circula por el tramo que mejora el proyecto.

En la Figura 4 se muestra la curva CGV para una vía que pertenece a la red vial, asociado a un camino alternativo al mejorado. El proyecto produce un desplazamiento de su curva de demanda, desde D a D' , al existir tránsito desviado o transferido a ruta que el proyecto mejora.

En el caso que en este camino existe una distorsión ($CMgP$ distinto de $CMgS$), como puede ser la congestión, la disminución del tránsito será un beneficio indirecto del proyecto.

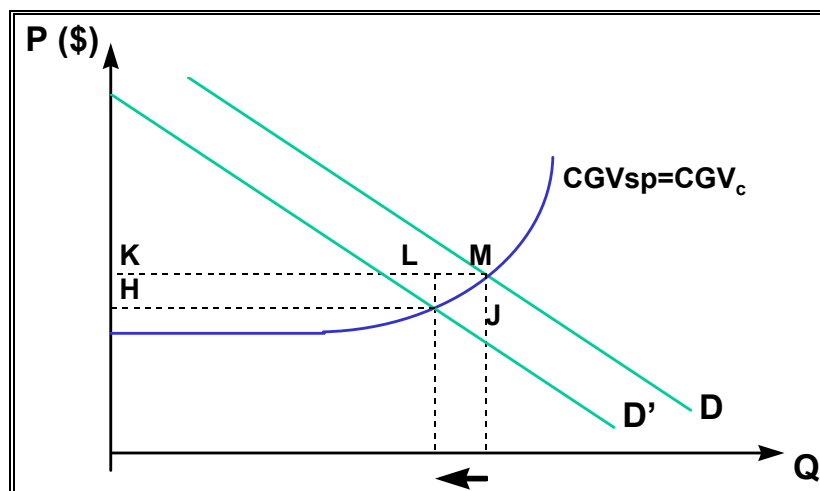


Figura 4. Beneficios Indirectos en un Camino Alternativo

En la Figura 4 el área HKLJ corresponde al aumento en el excedente del consumidor asociado al tránsito normal del camino sustituto o alternativo, debido a una reducción de la congestión. El área LMJ corresponde al aumento en el excedente del consumidor, asociado al tránsito que se desvía y al que se transfiere a la ruta que el proyecto mejora; este incremento de excedente se determina por la disminución de la congestión hasta un punto en el cual el usuario decide cambiarse de ruta. El usuario está dispuesto a pagar por desviarse una cantidad igual al CGV de un vehículo en el momento en que decide el cambio de ruta, la cual es menor que el CGV que tenía antes que se desviara algún vehículo.

Aunado a esto, un camino complementario al que el proyecto mejora, tendrá un incremento en su flujo vehicular, como se muestra en la Figura 5. En este caso, la existencia de una distorsión, como puede ser la congestión, provocará un beneficio indirecto negativo del proyecto.

Las áreas RSTU y TVU representan los beneficios con signo negativo pues corresponden a costos.

Así, el beneficio social del proyecto corresponde a la suma de beneficios directos e indirectos que fueron mostrados en las figuras. El beneficio indirecto negativo no se toma en cuenta porque es un costo.

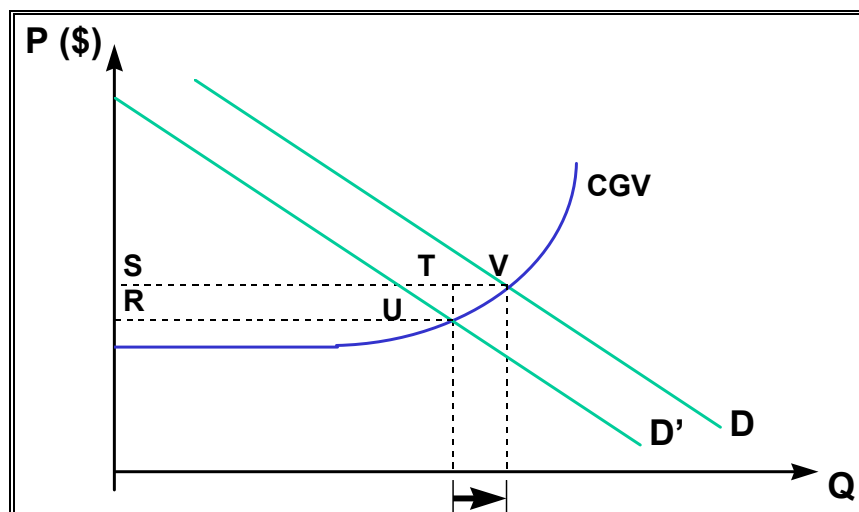


Figura 5 Beneficios Indirectos en un Camino Complementario

Otro beneficio que se tiene del proyecto, es una disminución de la contaminación tanto ambiental como por ruido, en las vialidades alternativas a la del proyecto. Este beneficio se considera una externalidad positiva.

Para la estimación de los beneficios es necesario conocer además de el flujo vehicular (*aforos*), la tasa de ocupación vehicular, un valor estimado del costo de tiempo de los usuarios de los vehículos de los usuarios del proyecto.

- Proyección de la demanda

La proyección de la demanda consiste en estimar la demanda vehicular en las vías de la Red Vial Relevante, durante todo el período de análisis del proyecto.

g) Identificación de costos

Los costos del proyecto están formados por los costos de inversión y los costos de operación y mantenimiento. Además de éstos, se deben contemplar los costos por molestias durante el período de construcción, como son desvíos, detenciones, etc. Tanto los costos de inversión como los costos de operación y mantenimiento pueden ser divididos en:

- Costos de materiales
- Costos de mano de obra

Para determinar los precios sociales de los bienes que intervienen en los costos de los materiales que conforman los costos de inversión, y de operación y mantenimiento se debe de distinguir si se trata de bienes transables o no transables.

Entendiéndose por transables aquellos bienes que pueden ser objeto de un comercio internacional (*ser exportados o importados*), y cuyo precio esté regulado por el precio internacional.

Como bienes transables tenemos todos aquellos materiales utilizados para la construcción de la obra, por ejemplo cemento, acero, varilla, agregados pétreos, etc.

Como bienes no transables tenemos aquellos bienes que no pueden ser comercializados internacionalmente, o cuyo precio no lo permite debido a los impuestos y tarifas a los que están sujetos, por ejemplo el terreno donde se construirá el proyecto.

El costo de mano de obra lo tenemos compuesto por distintos niveles, como son: mano de obra calificada, semicalificada y no calificada.

La mano de obra calificada se refiere a los profesionistas que intervienen en la construcción, y en la operación y mantenimiento del proyecto (*ingenieros, arquitectos, etc.*). Para su medición, se cuantifica el número de horas-hombre requeridas en la construcción y en la operación y mantenimiento del proyecto y de sus obras complementarias y se valoran de acuerdo a su precio social.

La mano de obra semicalificada corresponde a los técnicos, operadores de maquinaria, etc. Su medición se hace de la misma manera que la mano de obra calificada y se valora también con su precio social.

La mano de obra no calificada está compuesta por los albañiles, peones, etc. Se mide y valora de la misma forma que la anterior.

Otro costo que hay que tomar en cuenta, son las externalidades y efectos indirectos negativos del proyecto.

Por último, el aumento en la contaminación ambiental y por ruido, en la vialidad donde se realiza el proyecto, representa una externalidad negativa.

h) Criterios de decisión

En los proyectos viales, es válido suponer que los beneficios serán crecientes en el tiempo, esto debido a que las variables que constituyen estos beneficios; población, ingreso y volumen vehicular, aumentan con respecto al tiempo.

Basado en lo anterior los criterios de decisión utilizados para determinar la rentabilidad de un proyecto vial son el Valor Presente Neto (*VPN social*) y la Tasa de Rentabilidad Inmediata (*TRI*).

- Valor Presente Neto Social (*VPNs*)

Para efectos de evaluación, los flujos y costos del proyecto deben ser llevados a un mismo momento del tiempo, para lo cual se utiliza una tasa social de descuento.

El VPN Social corresponde a la diferencia entre los beneficios actualizados y los costos actualizados e indica cuánto más rico o más pobre se hace el país al realizar el proyecto.

Basado en lo anterior, un proyecto público será económicamente rentable si el VPN, descontado a la tasa social, resulta positivo.

$$VPN \sum_{i=0}^n (B_{ia} - C_{ia})$$

$$B_{ia} = \frac{B_i}{(1+r)^n}$$

$$C_{ia} = \frac{C_i}{(1+r)^n}$$

donde:

VPN	Valor Actual Neto
B_{ia}	Beneficio del proyecto percibido el año i, Actualizado al año cero
C_{ia}	Costo del proyecto incurrido en el año i, Actualizado al año cero
B_i	Beneficio del proyecto percibido el año i
C_i	Costo del proyecto incurrido en el año i
n	Período de análisis, en años
r	Tasa social de descuento

- Tasa de Rentabilidad Inmediata (*TRI*)

La TRI se utiliza para determinar el momento óptimo para realizar un proyecto. Esta Tasa de Rentabilidad inmediata se compara con la tasa social de descuento, estimándose que el momento óptimo se da cuando:

$$TRI = \frac{B_i}{Inv} \geq r$$

en donde:

B_i	Beneficio neto del año i
r	Tasa de descuento
Inv	Inversión del proyecto

- Horizonte de evaluación

El período de análisis u horizonte de evaluación dependerá de las características particulares del proyecto.

Como criterio de selección se recomienda utilizar un período de análisis igual a la vida útil de la obra más importante del proyecto.

En el caso que la obra más importante tenga una vida útil muy extensa, como el caso de puentes o túneles, será conveniente definir un horizonte de evaluación reduciendo el período de análisis, por ejemplo a 20 ó 30 años.

I) Modelo de computación

Debido a la complejidad para la asignación vehicular en un proyecto urbano, se utilizan distintos modelos computacionales para obtener los costos y beneficios del proyecto.

Estos modelos permiten estimar los costos de operación y mantenimiento para diferentes tipos de vehículos (*combustible, lubricantes, neumáticos, reparaciones, depreciación y otros*), tomando en cuenta, tanto las características de la superficie sobre la que éstos operan, como las especificaciones físicas y operacionales de los vehículos. Asimismo, existen modelos que estiman el costo de mantenimiento de las vialidades.

Para la estimación de costos de operación y mantenimiento, existen modelos computacionales que se utilizan para tránsito intraurbano y existen otros que se utilizan para tránsito interurbano, según sea el caso.

Para evaluar cada uno de los consumos y estimar sus costos, los modelos entregan fórmulas por categorías de vehículo, que dependen de la velocidad del vehículo, y de las características de los vehículos (*potencia del motor y peso bruto total en el caso de camiones de carga y autobuses*).

En los modelos que se utilizan para tránsito intraurbano, la atención se centra en los consumos de combustible, tanto de vehículos livianos como los de transporte colectivo. Estos consumos de combustible son de 3 tipos:

- Consumo de vehículos en movimiento
- Consumo por detención, que se produce cuando un vehículo disminuye su velocidad con el objeto de detenerse, por ejemplo cuando cruza el puente de madera.
- Consumo por estar detenido el vehículo.

Para el cálculo de los demás costos de operación y mantenimiento (*lubricantes, neumáticos, reparaciones, depreciación y otros*), estos modelos los calculan igual como se describió con anterioridad.

Para una adecuada utilización de estos modelos, es necesario que éstos sean adaptados a las condiciones existentes en la ciudad o ciudades donde se requieren utilizar.