



Gobierno de Reconciliación
y Unidad Nacional

El Pueblo, Presidentes!

Metodología para la Preparación y Evaluación de Proyectos de Infraestructura Vial



Ministerio de Hacienda y Crédito Público
Dirección General de Inversiones Públicas





Ivania Portocarrero Argüello
Directora General

Róger Vega Rodríguez
Director de Preinversión
Coordinador Técnico de la Metodología

Martha Prado Rosales
Especialista de Preinversión
Revisión Técnica de la Metodología

Disponible en www.snip.gob.ni

Siglas

CDP	Cantidad demanda potencial
CMgS	Costo Marginal Social
CRR	Costos de reconstrucción y rehabilitación
CUP	Consumos unitarios de la población demandante
CU _s	Costo de los Usuarios
DAF	Dirección Administrativa Financiera
DGIP	Dirección General de Inversiones Públicas
I(C/E)	Indicador Costo-Efectividad
IGV	Impuesto General al Valor
MCHP	Ministerio de Hacienda y Crédito Público
MINSA	Ministerio de Salud
MOC	Mano de Obra Calificada
MOSC	Mano de Obra Semi Calificada
MRR	Medidas de Reducción de Riesgo
O&M	Gastos de operación y mantenimiento
PB	Pérdida de beneficios
PDP	Población demandante potencial
Psp	Precio 'sin proyecto'
SNIP	Sistema Nacional de Inversiones Públicas
Tar	Tarifa
TIR	Tasa Interna de Retorno
TPDA	Tráfico promedio diario anual
TSD	Tasa Social de Descuento
VA	Valor Actual
VADaño	Valor actual del daño
VAI(MRR)	Valor actual de las inversiones en MRR
VAMRR	Valor actual de las MRR
VAN	Valor Actual Neto
VAO&M (MRR)	Valor actual de los gastos de operación y mantenimiento debido a MRR

Presentación

La Dirección General de Inversiones Públicas (DGIP), del Ministerio de Hacienda y Crédito Público (MHCP), rector del Sistema Nacional de Inversión Pública (SNIP), tiene la satisfacción de publicar la Metodología para la Preparación y Evaluación de Proyectos de Infraestructura Vial. Esta Metodología tiene el propósito de aportar a la mejora de la calidad y sostenibilidad de las inversiones en caminos y carreteras, para que contribuyan de forma contundente al desarrollo y bienestar común de la población, especialmente la más vulnerable.

La Metodología organiza el proceso de preparar y evaluar un proyecto en tres módulos o capítulos. El primero, de Identificación, incluye tres diagnósticos a ser realizados para poder precisar el problema que se pretende resolver con el proyecto, estos son: (i) diagnóstico del área de influencia, (ii) diagnóstico del servicio y (iii) diagnóstico de los involucrados. Todos deben ser realizados con intensa participación de los involucrados e interesados en el proyecto. Es importante señalar que Nicaragua está decididamente incorporando la Gestión Integral de Riesgo a Desastres de forma integral en todos los procesos de inversión pública, hecho evidenciado en la metodología general de preinversión que es parte del conjunto de instrumentos metodológicos del SNIP de Nicaragua, en la que desde la misma identificación del proyecto, se recomienda se estudien posibles amenazas y vulnerabilidades.

El segundo capítulo de la Metodología es la Preparación o Formulación del proyecto, que inicia con el análisis de demanda, continua con el análisis de oferta, a efectos de precisar la brecha que el proyecto atendería, de forma total o parcial. Luego orienta sobre las consideraciones técnicas del proyecto. Se ha procurado que la explicación retome ejemplos prácticos, y que la argumentación misma sea sencilla a fin de establecer con claridad lo que se espera sea analizado y tomado en cuenta en el momento de decidir los aspectos técnicos del proyecto. Este capítulo aborda la estimación de costos del proyecto, gastos de operación y mantenimiento, aspectos legales y organizativos, e incluso ambientales, que incidan en sus costos y beneficios.

Finalmente, el tercer capítulo de la metodología está destinado a la Evaluación Socioeconómica del Proyecto de Infraestructura Vial a través del Enfoque del Consumidor (mercado del transporte) y del Enfoque del Productor.

Se espera que esta metodología se convierta en el documento de consulta de todos los funcionarios públicos responsables de preparar y evaluar proyectos, de aquellos que por primera vez enfrenten esta tarea, así como de estudiantes, docentes universitarios,

investigadores, y todo aquel que quiera una pauta a seguir para llevar adelante una formulación y evaluación con calidad.

Ivania Portocarrero Argüello
Directora General

Índice

Presentación.....	4
Parte 1 Identificación del Proyecto.....	8
I. Identificación del Proyecto.....	9
B. Diagnóstico de la situación actual.....	9
1. Diagnóstico del área de influencia	9
2. Diagnóstico de los involucrados.....	11
3. Diagnóstico del servicio.....	12
C. Definición del problema: causas y efectos.....	13
1. Definición del problema central.....	15
2. Análisis de las causas.....	15
3. Análisis de los efectos	16
D. Objetivo del proyecto: medios y fines	19
1. Definición del objetivo central	19
2. Análisis de medios del proyecto.....	20
3. Análisis de fines del proyecto.....	21
E. Alternativas de solución	21
1. Identificación de las acciones.....	21
2. Planteamiento de alternativas	23
Parte 2 Formulación del Proyecto.....	25
I. Análisis de la Demanda	26
A. Caracterización de los usuarios del proyecto	26
B. Proyección de la demanda	27
II. Análisis de la Oferta.....	30
III. Balance Oferta-Demanda	31
IV. Análisis Técnico de las alternativas	34
A. La Localización.....	34
B. El Tamaño o características técnicas de las alternativas	35
C. La Tecnología o proceso de construcción	36
V. Análisis de riesgo a desastres.....	36

A. Conceptos claves.....	37
B. Análisis de emplazamiento	38
C. Análisis de vulnerabilidad.....	39
D. Valoración del impacto del desastre	39
E. Identificación de las medidas de reducción de riesgo (MRR)	40
VI. Análisis administrativo-organizacional y legal	41
A. Aspectos administrativos y organizativos.....	41
B. Aspectos legales	41
VII. Costos de Inversión y Gastos de Operación y Mantenimiento.....	41
A. Los costos de inversión	42
B. Los gastos de operación y mantenimiento	43
Parte 3 Evaluación del Proyecto	45
I. Introducción	46
II. El enfoque del Excedente del Consumidor	47
A. Comentarios iniciales	47
B. El enfoque metodológico	48
III. Enfoque del Excedente del Productor.....	59
A. Comentarios iniciales	59
B. La Metodología	60
1. Los beneficios directos: cálculo del VABD.....	61
2. Los beneficios indirectos: cálculo del VABS	66
D. El Momento Óptimo y la priorización.....	68

Parte 1

Identificación del Proyecto

Esta es la primera parte del documento de proyecto y también la primera actividad a realizar durante el proceso de preparación del proyecto. El propósito de este capítulo es definir con precisión el proyecto o conjunto de alternativas preliminarmente viables que luego serán preparadas (formuladas). Para ello se realiza un análisis prospectivo de la situación actual, se determinan las condiciones negativas que motivan el proyecto y sus causas, se establecen objetivos y se identifican medios para el logro de tales objetivos.

I. Identificación del Proyecto

Este es la primera parte del documento de proyecto, tiene el fin de poder demostrar las razones que justifican la intervención en la infraestructura vial y plantear alternativas de solución viables; las cuales luego serán formuladas y evaluadas, a efectos de elegir la más conveniente a ejecutar. El proceso de 'identificar' el proyecto viene dado por el diagnóstico de la situación actual, que incluye el diagnóstico del área de influencia del proyecto, el diagnóstico de los involucrados y el diagnóstico del servicio; luego se organiza la situación problemática en un árbol de problemas (causa-efecto), los que son llevados en forma positiva o deseable al árbol de objetivos (medios y fines), del cual se derivan las acciones y se configuran las alternativas de solución.

B. Diagnóstico de la situación actual

Este diagnóstico ha de ser integral y tiene el fin de conocer los grupos involucrados en el proyecto, cantidad de ellos y sus características sociales, económicas (productivas); el área de influencia, las condiciones de la infraestructura vial (camino o carretera) en los que se pretende intervenir (mejorando su estado actual), vías sustitutas empleadas por los usuarios. Debe aplicarse un enfoque sistémico para realizar un adecuado diagnóstico situacional.

1. Diagnóstico del área de influencia

En un proyecto de infraestructura vial el área de influencia viene determinada por el uso actual o potencial que tendría el/los tramos de caminos o carreteras en los que se pretende intervenir. Esto se conoce como red vial relevante, que no es más que el conjunto de tramos relacionados con el/los tramo/s en interés o estudio, que son usados por los vehículos de carga y pasajeros, y por la población en general para ir de 'un origen' a 'un destino'. Como es obvio, un camino productivo rural tendrá un área de influencia mayor o menor en términos de su longitud, de su ubicación en el territorio, de la cantidad y tamaño de explotaciones agrícolas (que determinan los volúmenes de producción), así

como de la existencia de otros tramos de caminos que sean sustitutos o complementarios al tramo en estudio, dando lugar a la conformación de una red.

Por lo anterior, el primer paso para diagnosticar la situación actual es establecer el área de influencia. Para ello se recomienda:

- Sobre un mapa ubicar el tramo o los tramos del camino o carretera en interés o estudio, cuyo estado actual motiva la intervención.
- Identificar los tramos que sean sustitutos o complementarios al/los tramo/s en estudio. Para ello debe analizarse los recorridos (orígenes-destinos) de los diferentes usuarios del/los tramo/s en interés. Esto podría implicar realizar encuestas específicas de origen-destino, y conteos volumétricos de tráfico.
- Determinar la red vial relevante, que consiste en todos aquellos tramos que interaccionan con el/los tramo/s en interés, y marcarla sobre el mapa con otro color, diferenciándose el/los tramo/s a intervenir del resto de tramos en la red.
- Caracterizar las actividades económicas-productivas de las explotaciones agrícolas ubicadas en las cercanías de la red vial relevante, si se trata de una intervención en caminos rurales. Por otro lado, si se tratara de intervención en una carretera, caracterizarla en términos urbanísticos, ciudades ubicadas en las cercanías de la red vial relevante, así como la infraestructura pública y económica (comercial, industrial).
- Finalmente, parte del análisis del área de influencia, debe incluir el análisis de riesgo a desastre, que en este capítulo consistirá en identificar amenazas y vulnerabilidades en la red vial relevante, con énfasis en el/los tramos en interés.

La Figura 1 muestra en términos generales las variables relevantes para realizar del diagnóstico del área de influencia. Nótese que la primer variable es la localización del proyecto, esto se refiere al sitio de emplazamiento de o los tramos en interés, los cuales en su estado actual han motivado la intervención. Es importante decir que un proyecto de infraestructura vial la motivación principal muchas veces es el mal estado del camino o carretera, pero también debe recordarse que hay proyectos de oportunidad

(estratégicos), cuyo objetivo es mejorar la accesibilidad entre orígenes y destinos con determinado potencial productivo-económico; y con el proyecto se reducirían los costos de transporte. De hecho, ese el objetivo de cualquier proyecto de infraestructura vial: reducir los costos de operación vehicular y los costos de tiempo de viaje, estos es, los costos generalizados de viaje.

Figura 1.
Principales variables del diagnóstico del área de influencia



2. Diagnóstico de los involucrados

Los involucrados en un proyecto de infraestructura vial son todos aquellos impactados positiva o negativamente por el proyecto. Es relativamente fácil reconocer los grupos interesados positivamente, entre ellos están: los productores, los comerciantes, los transportistas, los ciudadanos que hacen uso de la infraestructura vial para ir de un origen a un destino, sea por actividades productivas, como por aquellas no productivas (ir al colegio, centro de salud, o de paseo). Los grupos detractores pueden ser aquellos que se ven afectados negativamente por expropiación (cuando el trazado del camino o carretera

pasa por sus propiedades), o grupos ambientalistas que consideran importantes los daños sobre el medioambiente cuando durante el proceso de construcción del camino o carretera deben cortarse árboles, removerse toneladas de tierra, o cambiar el caudal de un río. En fin todos los grupos ilustrados son involucrados.

Se recomienda construir una matriz con cada grupo de interés, indicar su posición frente al proyecto, sus motivaciones (o intereses específicos, por ejemplo, los productores pueden estar interesados en un trazado del proyecto que convenga a la salida de la producción), y la capacidad de gestión (o presión) que puedan tener a favor o en contra del proyecto.

Los involucrados en el proyecto pueden aportar información valiosa sobre las amenazas o peligros a los que está expuesta el área de influencia, y por lo tanto, el proyecto una vez sea ejecutado. Esto sería retomado en el diagnóstico del área de influencia.

3. Diagnóstico del servicio

El diagnóstico del servicio se refiere, en proyectos de infraestructura vial, al nivel de transitabilidad del tramo o tramos en interés. La transitabilidad es una característica que puede explicarse por una multiplicidad de variables, como la longitud del tramo, su ancho, número de carriles, pendiente, sinuosidad, así como por el estado de la carpeta de rodamiento (comúnmente expresado por el Índice de Rugosidad Internacional-IRI); todas estas variables conllevan a una velocidad promedio de desplazamiento, esto a su vez, a un tiempo de recorrido del tramo o tramos, y de ahí a un costo generalizado de viaje. Se dirá que un tramo tiene mejor transitabilidad cuando menor sea el costo generalizado de viaje, en comparación con otro tramo. Lo explicado se sintetiza en la figura 2.

Por lo anterior, el diagnóstico del servicio deberá ser capaz de indicar el costo actual de transitar por el o los tramos en interés, indicando lo indeseable de esa situación, puesto que disminuye el bienestar de los usuarios. Por ejemplo, en el caso de los productores, su excedente se ve reducido por enfrentar altos costos para ‘sacar’ la producción de sus

fincas y llevarlas al mercado (sea que ellos las transporten con sus propios vehículos o que paguen a fleteros).

Figura 2. Aspectos que determinan la transitabilidad



Se recomienda que esta sección incluya una caracterización completa de las características física-técnicas de la infraestructura vial en estudio: carriles, ancho (cunetas, hombros, rodamiento), obras de drenaje (mayor y menor), tipo de carpeta de rodamiento y su estado (descriptivo y sintetizado en el IRI), pendiente promedio, sinuosidad, y todas aquellas que conlleven a establecer el costo generalizado de viaje. Esta información será útil para el análisis de la oferta durante la formulación del proyecto.

C. Definición del problema: causas y efectos

El diagnóstico situacional ha permitido comprender de forma objetiva el problema que afecta a la comunidad, pobladores o grupos demandantes o interesados en el proyecto. En esta sección se sistematiza (ordena y sintetiza) todo ese conocimiento, de modo de definir precisamente el problema central que se procurará atender con el proyecto, así como sus causas y efectos.

La técnica de construir un árbol de problemas, que consiste en determinar las causas y efectos de un problema central, es una entre muchas existentes, sin embargo, es posiblemente la más usada; pues implica una lógica causal, que típicamente es determinada por los involucrados en la situación problemática. La técnica permite la participación de los posibles beneficiarios del proyecto o bien de sus impulsores.

Durante el proceso de construcción del árbol de problemas se encontrarán muchos problemas, para los cuales será necesario asignarles prioridades, y además establecer sus relaciones causales, esto es, que un problema puede a su vez generar otro; o también

habrá problemas independientes. En este análisis también pueden encontrarse problemas potenciales, que deberán evitarse. El resultado del estudio de los problemas originará uno central y otros con diferentes prioridades y con relaciones causales.

Para facilitar la generación de ideas entorno al análisis de la situación problemática es recomendable que el grupo responsable de éste efectúe una “tormenta de ideas”; además de seguir estos pasos:

- A partir de la manifestación de una situación problemática, analizar e identificar lo que se considere como problemas principales de la situación analizada. Esto debido a la normal existencia de múltiples causas que pueden explicar el problema y los efectos que se derivan de ello.
- Para el análisis se sugiere que a partir de la primera “tormenta de ideas” se establezca cuál es, según el juicio del grupo responsable del análisis, el problema central que afecta a la comunidad o población analizada. Para esto se aplican criterios de prioridad y selectividad.
- Definir los efectos más importantes del problema en cuestión, de esta forma se analiza y establece su importancia. Es decir, se persigue tener el orden y gravedad de las consecuencias que tiene el problema que se ha detectado, las que dan mérito a la búsqueda de soluciones.
- Identificar las causas del problema central detectado, esto es, buscar qué elementos están o podrían estar provocando el problema.
- Una vez que el problema central, las causas y los efectos están identificados se construye el diagrama de efectos y causas asociados al problema.
- Es necesario revisar la validez y adecuación del árbol dibujado, ¡todas las veces que sea conveniente!. Esto es, asegurarse que las causas representen causas y los efectos representen efectos, que el problema central esté correctamente definido y que las relaciones causales estén correctamente expresadas.

1. Definición del problema central

El problema central es la situación negativa que afecta a un grupo de la comunidad o población interesada por el proyecto. El problema debe ser definido de forma muy clara y precisa, a fin de poder encontrar un conjunto de soluciones o alternativas para reducirlo total o parcialmente.

Recuérdese no confundir el problema con la falta o carencia de algo, no es lo mismo decir “falta un camino” que “los costos de transporte son elevados”; o “faltan obras de drenaje” que “durante las lluvias el camino se inunda y se vuelve intransitable”.

2. Análisis de las causas

Una vez que se ha definido el problema central, corresponde preguntarse ¿qué causa dicho problema?, ¿por qué ocurre o existe ese problema?. Encontrar las causas del problema es sustancial, pues solo conociendo bien el porqué del problema se podrán plantear soluciones adecuadas.

A partir del diagnóstico situacional, es recomendable hacer un listado de posibles causas, lo más exhaustivo posible, es decir, realizar una “tormenta de ideas” sobre las causas del problema. Estas ideas pueden ordenarse en dos grupos: causas desde la oferta y causas desde la demanda del bien o servicio; además de clasificarse en directas o indirectas.

Para ejemplificar se determinarán las causas del problema central “Los costos de operación vehicular (COV) más el tiempo de viaje de la carga y los pasajeros incrementan”, en el tramo San Lucas-Las Sabanas. La Tabla 1, muestra las causas de ese problema central, y además están clasificadas en causas debido a la oferta, demanda, y en directas e indirectas.

Tabla 1. Listado de causas del problema central

Problema	Causas	Oferta (O), Demanda (D)	Directa (Di), Indirecta (I)
Los COV más el tiempo de viaje de la carga y los pasajeros incrementan en el	El nivel de servicio del se deteriora, IRI = 18	O	Di
	Incrementa la congestión en la estación 2+500	O	Di

tramo de camino San Lucas-Las Sabanas	Carpeta de rodamiento en mal estado	O	I
	Puente en la Estación 2+500 en proceso de deterioro	O	I
	Mantenimiento inadecuado y deficitario	D	I
	Vida útil técnica vencida	O	I

Las *causas directas* son aquellas que se relacionan con el ‘directamente’ con el problema central; mientras que las *causas indirectas*, son aquellas que actúan sobre el problema central a través de otra causa.

Una vez se tiene el listado de causas, se procede a la construcción del Árbol de Causas, que no es más que una representación ordenada y esquematizada de las causas del problema. De este árbol se hace más sencillo plantear soluciones a las causas que originan el problema central.

La utilidad de definir si la causa está ocasionada desde la oferta o desde la demanda está dada en que se tiene claridad sobre quién (o qué) actuar en términos de las soluciones que se propondrán y eventualmente ejecutarán para superar esas causas y con ello aliviar o reducir el problema.

3. Análisis de los efectos

Consiste en determinar cuáles son los efectos del problema central. Para fines prácticos se recomienda seguir el mismo método de análisis que para el análisis de las causas, así es conveniente iniciar con una ‘tormenta de ideas’ de los posibles efectos.

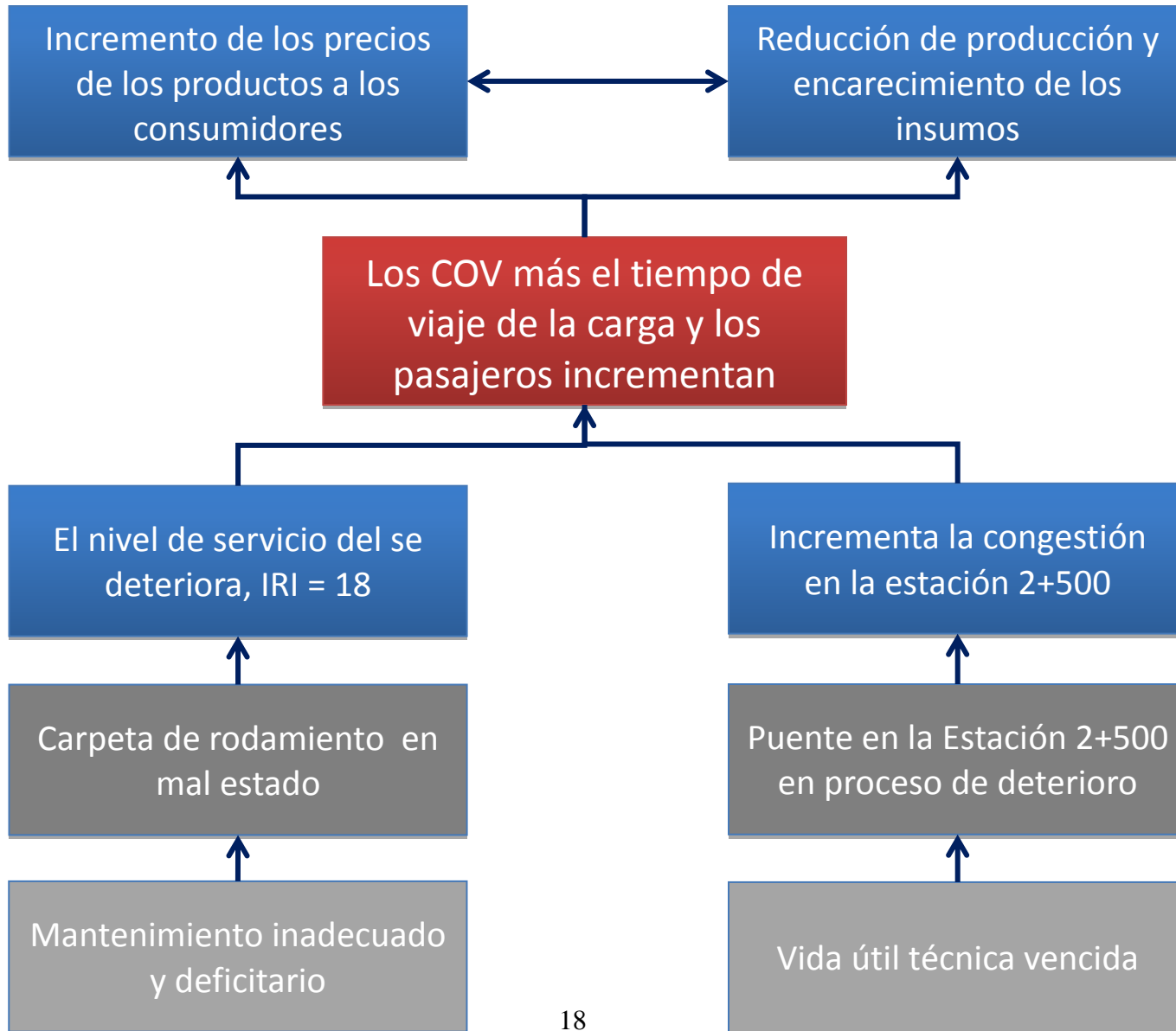
Recuérdese que el marco de análisis son los resultados obtenidos del diagnóstico de la situación actual. Análogamente, al análisis de las causas, es recomendable separar los efectos directos de los indirectos, a fin de lograr construir la cadena de efectos, con la lógica de causalidad. En este caso dicha lógica se leerá de abajo hacia arriba.

El árbol de causa-efecto es la unión del árbol de causas y del árbol de efectos. En el medio está el problema central. En la parte superior de este árbol causa-efecto se acostumbra

colocar el efecto último (el más indirecto) del problema central, que en ese ejemplo se ha enunciado como: “Los COV más el tiempo de viaje de la carga y pasajeros incrementan”. La Figura 3 muestra el árbol de causas y efectos. Obsérvese que el árbol muestra las relaciones de causalidad entre una causa directa y otras indirectas, y cómo las directas conllevan al problema central.

Una lectura del árbol de causa-efecto de abajo hacia arriba, debería –si está bien construido- sintetizar la situación problemática abordada en el contexto de la iniciativa del proyecto o de apenas su identificación. Además de sintetizar aporta los elementos claves y relevantes a la hora de establecer alternativas de solución.

Figura 3. Árbol de Causas-Efectos



D. Objetivo del proyecto: medios y fines

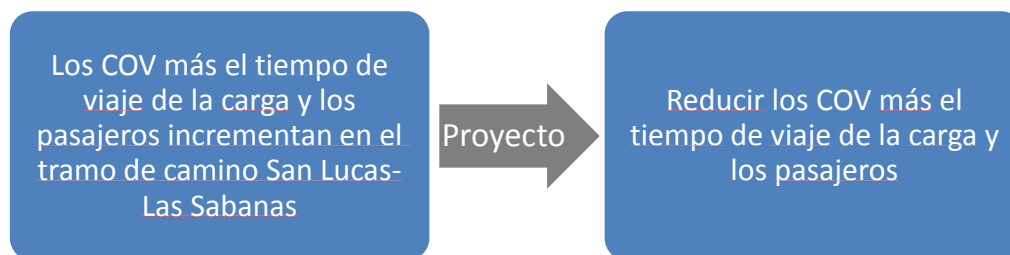
1. Definición del objetivo central

Los objetivos se definen a través de la identificación de la situación deseada, esto es, de la situación problemática solucionada. Así, cada causa del problema central, y el mismo problema central, deben tener un objetivo o situación deseada. Los objetivos son la guía de los estudios en la fase de preinversión y constituyen la proyección del futuro aspirado por los demandantes o impulsores del proyecto. Los objetivos deben ser:

- *Realistas*, deben poderse alcanzar con los recursos disponibles dentro de las condiciones generales dadas.
- *Eficaces*, no sólo deben responder a los problemas presentes, sino a aquellos que existirán en el tiempo futuro en que se ubica el objetivo.
- *Coherentes*, si el cumplimiento de un objetivo no imposibilita el cumplimiento de otro.
- *Cuantificables*, que puedan ser medibles en el tiempo.

El objetivo central del proyecto debe responder al problema central de la situación problemática analizada. A partir del problema central, se expresa en positivo dicho problema y se obtiene el objetivo central. En el ejemplo que se ha venido desarrollando, el objetivo central quedaría enunciado como se observa en la Figura 4.

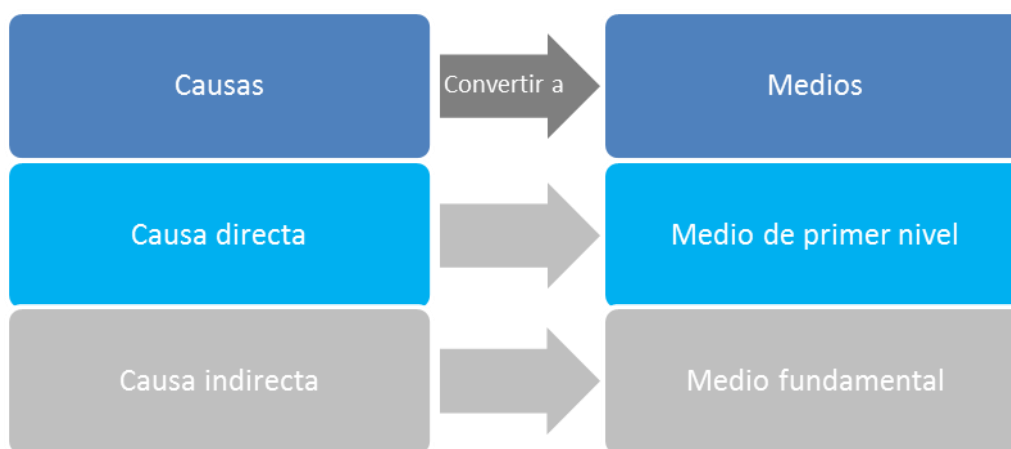
Figura 4. Objetivo central del proyecto



2. Análisis de medios del proyecto

Los medios son el vehículo para solucionar (enfrentar) el problema, esto se hace a través de las causas (directas e indirectas) de dicho problema. Con la misma lógica de la determinación del objetivo central, para establecer los medios del proyecto el proceso consiste en transformar a positivo las causas del problema. Los medios fundamentales de intervención o de acción se corresponden con las causas indirectas de último nivel; puesto que estas causas son las más concretas y operativas, es sobre ellas que deberán plantearse alternativas de solución. La Figura 5 resume lo expuesto.

Figura 5. Convertir causas a medios



Siguiendo la lógica descrita, el árbol de medios para el ejemplo del tramo de camino San Lucas-Las Sabanas, se vería como lo mostrado en la Figura 6. El árbol de medios también debe guardar la lógica de encadenamiento vertical, es decir, los medios fundamentales, deben permitir el logro de los medios de primer nivel, y estos a su vez posibilitar el logro del objetivo central.

3. Análisis de fines del proyecto

Los fines del proyecto consisten en la reversión de los efectos del problema central. Nuevamente la técnica es expresar en positivo el efecto negativo del problema. Entre los fines pueden identificarse los directos, que están asociados a los efectos de primer nivel; los fines indirectos, asociado a los efectos secundarios; y el fin último, vinculado con el efecto último. Este fin último es el denominado *objetivo de desarrollo* del proyecto.

Para el ejemplo desarrollado, el fin último sería: *“Mejorada la calidad de vida de los pobladores en el área de influencia del tramo de camino San Lucas-Las Sabanas”*. El árbol de fines se muestra en la Figura 6.

La unión del árbol de medios y del árbol de fines da lugar al árbol de objetivos del proyecto, también conocido como árbol de medios y fines.

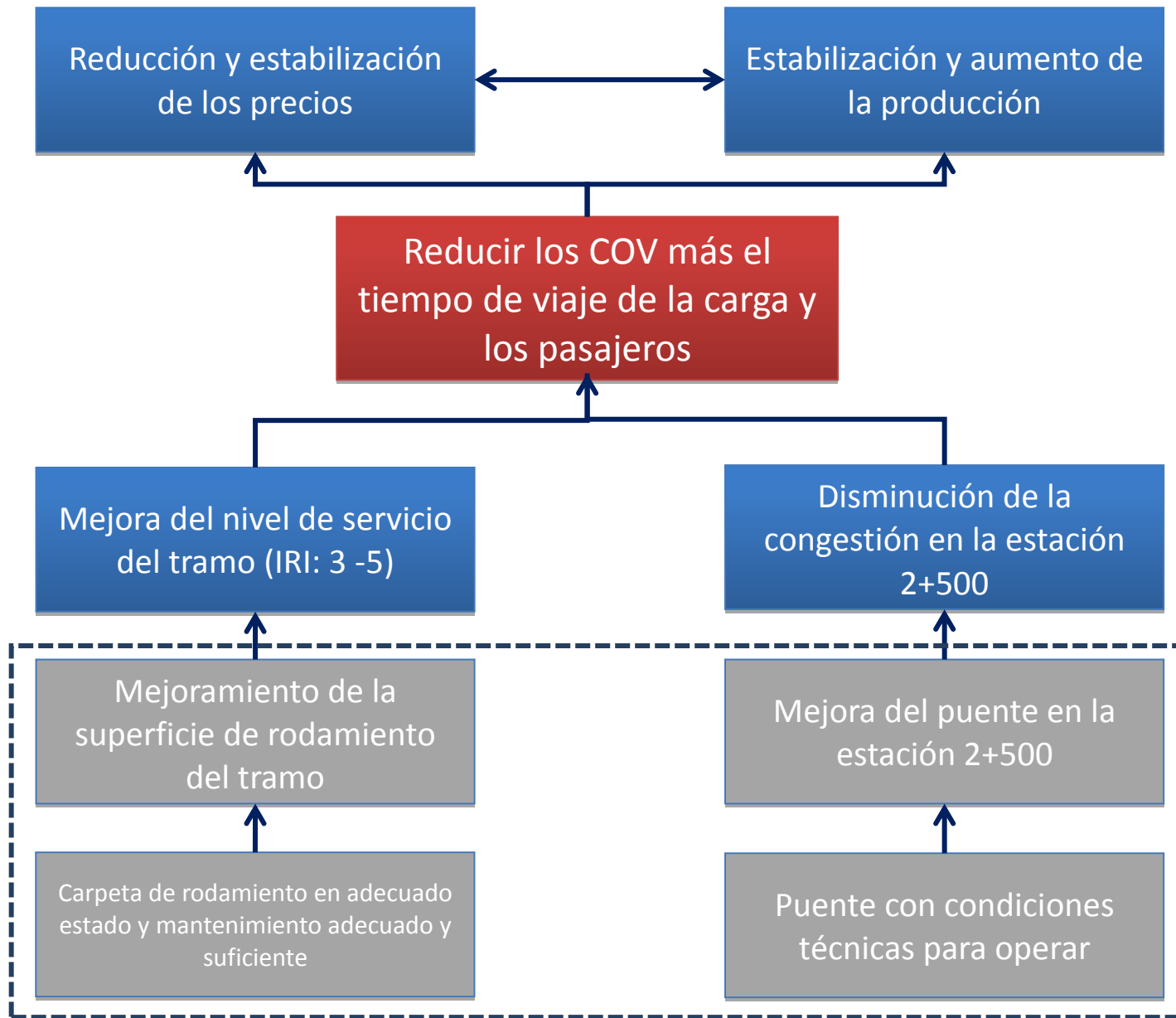
E. Alternativas de solución

Hasta este punto se ha sido capaz de establecer con objetividad y claridad el árbol de problemas: causas y efectos, y el árbol de objetivos: medios y fines; que han puesto en una perspectiva ordenada y jerarquizada el problema y los objetivos del proyecto. La identificación del proyecto ha de concluir con la definición de alternativas de solución, mismas que son derivadas de los medios identificados en el árbol de objetivos.

1. Identificación de las acciones

Los medios, se ha dicho, son el ‘vehículo’ para la solución de las causas del problema central, a través de la ejecución de acciones. Así, para cada medio fundamental deberán ejecutarse acciones que conlleven lograr ese medio.

Figura 6. Árbol de Medios y Fines



La Tabla 2, muestra ejemplos de acciones para cada uno de los medios fundamentales del caso desarrollado de mejoramiento del tramo de camino San Lucas-Las Sabanas.

Tabla 2. Acciones identificadas para los medios

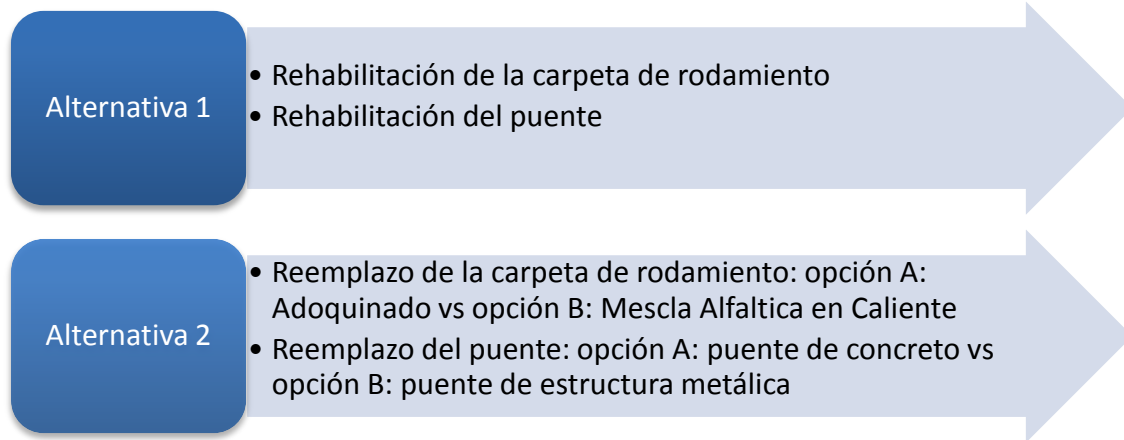
<p>Medio fundamental de primer nivel (MF1) <i>Carpeta de rodamiento en adecuado estado y mantenimiento adecuado y suficiente</i></p>
<p>Acciones</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Rehabilitación de la carpeta de rodamiento ▪ Reemplazo de la carpeta de rodamiento ▪ Plan de mantenimiento rutinario y periódico
<p>Medio fundamental de primer nivel (MF2) <i>Puente con condiciones técnicas para operar</i></p>
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Rehabilitación del puente ▪ Reemplazo del puente

2. Planteamiento de alternativas

De las acciones planteadas a cada medio fundamental y de las interrelaciones entre dichas acciones, pueden configurarse conjuntos de acciones que constituyen alternativas de solución. Una alternativa de solución puede no incorporar acciones de todos los medios fundamentales, o sí retomar al menos una acción de cada medio fundamental. En esto deberá tenerse cuidado de que dichas acciones no sean mutuamente excluyentes. Como es obvio no tendría sentido incluir en una misma alternativa dos acciones que no pueden ejecutarse al mismo tiempo. De ahí que tener claridad sobre las interrelaciones de las acciones ayuda a configurar conjuntos de alternativas.

La Figura 7 muestra un par de alternativas de solución.

Figura 7. Alternativas de Solución



De la figura 7 se observa que las alternativas 1 y 2 son mutuamente excluyentes, se hace una o la otra. A su vez, nótese que en el caso de la Alternativa 2, se tienen opciones tanto para la carpeta de rodamiento como para el puente. Estas alternativas deberán ser analizadas a nivel técnico en el capítulo de Formulación del Proyecto.

Parte 2

Formulación del Proyecto

En esta sección se determinan los elementos de demanda, oferta y técnicos del proyecto, de modo de estructurar las alternativas con solidez de análisis técnico. Entre las cuestiones que se estudiarán están los requerimientos de demanda del servicio generado por el proyecto, las inversiones que deberán realizarse para satisfacer esa demanda (total o parcialmente), los gastos de operación y mantenimiento, se decidirá sobre el tamaño del proyecto, que no es más que su oferta; la tecnología, la organización durante la ejecución y su operación. Este capítulo debe aportar toda la información relevante para evaluar luego la conveniencia de la ejecución del proyecto y la selección de la mejor alternativa.

I. Análisis de la Demanda

A. Caracterización de los usuarios del proyecto

En esta sección se caracterizará a los usuarios del/los tramo/s en interés o estudio, que serán intervenidos con el proyecto. Como se ha dicho los usuarios son los vehículos de carga y pasajeros, que tienen un origen y un destino. Conviene en esta sección retomar el mapa donde se ubica la red vial relevante de 'proyecto', y ubicar sobre éste los diferentes orígenes y destinos. La meta sería poder tener sobre ese mapa o en una matriz la cantidad de vehículos por día, que en promedio, circula por la red vial relevante y en específico sobre el/los tramo/s en estudio, entre un origen y un destino.

Para disponer de las cantidades de vehículos, puede recurrirse a los Anuarios Estadísticos sobre Volúmenes de Tráfico, que publica el Ministerio de Transporte e Infraestructura (MTI)¹. Podría ocurrir que el MIT no disponga de datos de conteo de vehículos en el tramo o tramos en estudio, por lo que en ese caso deberán realizarse encuestas específicas a fin de tener esta información. Disponer de esta información es condición sine qua non para poder formular las diferentes alternativas del proyecto.

Sea que la información sobre volumen de tráfico se obtenga del MTI o a través de investigaciones de campo particulares, deberán tenerse categorías de vehículos, esto es, vehículos livianos (motos, autos, jeep, camionetas), micro-buses, buses, camiones livianos, camiones medianos, camiones pesados, entre otros.

Parte de la caracterización incluye aspectos como el motivo de viaje de esos vehículos; y si el tramo de interés es un camino productivo, se hace relevante explicar el tipo de productos que llevan los camiones de carga, así como el origen y el destino de esa carga.

El volumen de tráfico que circula por día sobre un tramo se conoce genéricamente como Tráfico Promedio Diario Anual (TPDA). En esta sección, la meta será disponer del TPDA para el/los tramos a intervenir, y de la red vial relevante.

¹ El MTI dispone de una red de estaciones conteo de volumen de vehículos por las vías más importantes del país. Por lo tanto, deberán identificarse aquellas estaciones de conteo relevantes para el/los tramos en estudio.

La Tabla 3 muestra el TPDA en el tramo San Lucas-Las Sabanas, entre el año 2000 y el 2009. Puede observarse que la concentración de vehículos livianos y de pasajeros, fue del 93%, y el resto (11%) de vehículos pesados; durante el 2009.

Tabla 3. TPDA en el tramo San Lucas-Las Sabanas

Tipo de vehículo	Año				
	2009	2006	2003	2002	2000
Motos	82	54	35	23	20
Autos	2	1	1	1	1
Jeep	19	8	8	5	14
Camioneta	83	55	35	35	46
Mini-Bus 15-30 pas.	0	0	0	1	1
Bus >30 pas	9	9	7	9	11
Liv.2-5 Ton	6	1	3	3	3
C2 5 + Ton	5	8	8	5	7
C3	4	0	0	1	1
TPDA	210	136	97	83	104

Fuente: Datos Históricos de Tráfico, ODEP - MTI

En el caso de los vehículos de carga, es importante conocer, como se ha dicho, el tipo de carga, si esa carga es producida en la zona de influencia del proyecto, y el destino de esa carga. Asimismo, saber si los vehículos son propiedad de los productores o de transportistas (fleteros), que llevan la carga a los productores, o les compran a éstos su producción en la finca, en cuyo caso debe conocerse el precio en finca de esa producción.

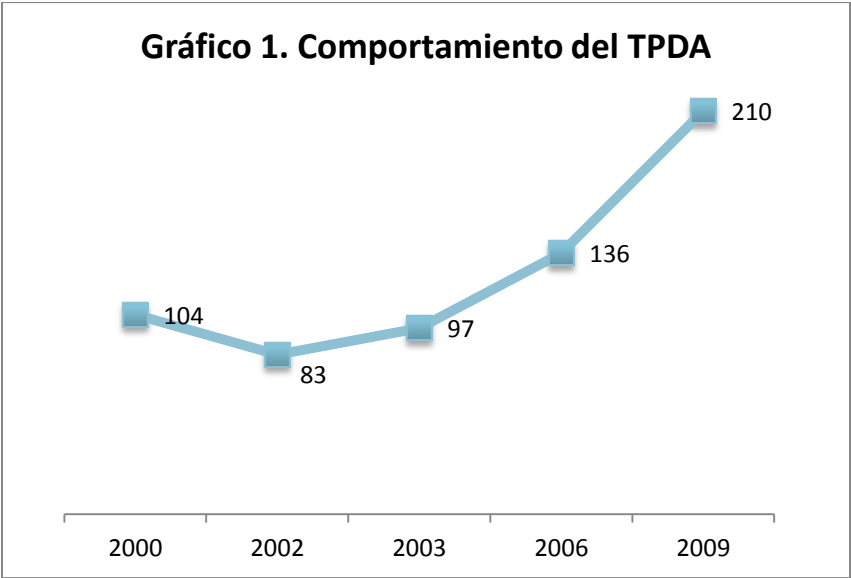
B. Proyección de la demanda

A partir de la información histórica del comportamiento del TPDA en el tramo de interés y en la red vial relevante, se proyecta dicho TPDA, a fin de tener una idea clara de la demanda (cantidad de vehículos) que enfrentará el proyecto. Esta proyección tiene efectos tanto sobre el diseño técnico de las alternativas de solución, como en la posterior evaluación del proyecto. Se recomienda dar un adecuado tratamiento estadístico a los datos, a fin de determinar la tasa (o razón) adecuada para la proyección del TPDA.

A partir de la información del TPDA en el tramo San Lucas-Las Sabanas, se estima la tasa de crecimiento promedio anual (promedio geométrico). Para ello se toman los valores de

los extremos de la serie de datos, esto es, los 104 vehículos en el año 2000 y los 210 en el 2009. La expresión (1), muestra el cálculo, que da como resultado una tasa de crecimiento promedio anual del 8.12%. También puede estimarse una tasa de crecimiento por tipo de vehículo, o incluso una tasa de crecimiento promedio ponderada; tomando en consideración la importancia relativa de cada categoría de vehículos en el TPDA total. A nivel de perfil se recomienda calcular una única tasa de crecimiento agregada; realizar la proyección del TPDA y luego distribuir en categorías de vehículos según sus proporciones (o pesos relativos). El gráfico 1 muestra el comportamiento del TPDA en el tramo mencionado.

$$(1)tc = \frac{(2009-2000) \sqrt[9]{\frac{210}{104}} - 1}{9} = \sqrt[9]{\frac{210}{104}} - 1 = 0.0812$$



Con la tasa de crecimiento calculada, se proyecta el TPDA durante el horizonte de evaluación del proyecto. Es importante en este punto hacer consideraciones técnicas respecto de la tasa de crecimiento. El resultado de 8.12% obtenido para el tramo San Lucas-Las Sabanas es un crecimiento relativamente alto; por ejemplo, si se compara con el crecimiento anual de la economía nacional en los últimos nueve años. Qué tan alto se

considera, dependerá de las características propias del tramo en estudio. Si la investigación económica-social revela que en la zona se han hecho inversiones comerciales, y las comunidades en el área de influencia del camino experimentan mejoras en sus condiciones económicas, esto podría explicar dicho comportamiento. Lo cierto es que no es seguro que ese comportamiento continúe, y que debería construirse un modelo de proyección más completo (complejo y costoso) para tener una mejor estimación, pero también es cierto que a nivel de perfil, la meta es tener valores indicativos que indiquen si merece la pena continuar haciendo estudios de preinversión o abandonar el proyecto. Por lo expuesto, se sugiere crear rangos de proyección con tasas diferenciadas y decrecientes.

Si el horizonte de evaluación es veinte años, pueden crearse cinco rangos de cuatro años, y usar cinco tasas diferentes, partiendo con la tasa estimada (8.12%), y luego bajando a una razón que vendría dada por la tasa a usar en el último rango. Si por ejemplo esa tasa fuese del 3%, eso implica que del primer rango al quinto rango disminuirá 5.12%, esto es, 1.28% por rango. La tasa del último rango de también es otra decisión a tomar. Esta tasa puede ser la menor tasa de crecimiento anual observada en el rango, o en un rango de la red vial relevante. En todo caso, la diversidad de situaciones peculiares del proyecto, implicará que el formulador razone adecuadamente la decisión de una tasa u otra.

La Tabla 4 muestra el TPDA proyectado durante 20 años, usando tasas diferenciadas por rango de cuatro años. Nótese que la tasa de crecimiento promedio usada es del 5.43%.

Tabla 4. Proyección del TPDA

Año	Tasa	TPDA
2010	8.12%	227
2011	8.12%	245
2012	8.12%	265
2013	8.12%	287
2014	6.84%	307
2015	6.84%	328
2016	6.84%	350
2017	6.84%	374
2018	5.56%	395
2019	5.56%	417
2020	5.56%	440

Tabla 4. Proyección del TPDA

Año	Tasa	TPDA
2021	5.56%	464
2022	4.28%	484
2023	4.28%	505
2024	4.28%	527
2025	4.28%	550
2026	3.00%	567
2027	3.00%	584
2028	3.00%	602
2029	3.00%	620

II. Análisis de la Oferta

El análisis de la oferta en un proyecto de infraestructura vial consiste en la descripción de las condiciones de transitabilidad ofrecida por el/los tramo/s en estudio, y de forma más general de la red vial relevante. En esta sección se recomienda:

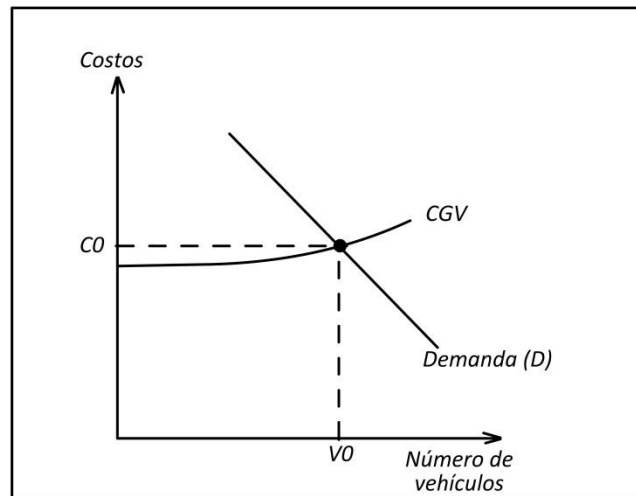
- En una matriz indicar el nombre de cada tramo, dado por el estacionamiento 00+00 (inicio) y el término; su longitud, tipo de carpeta de rodamiento, descripción del estado de la carpeta, la presencia o no de obras de drenaje mayor y menor; así como otras condiciones técnicas y geométricas del trazado del/los tramo/s;
- Presentar inventario de obras de drenaje: alcantarillas y puentes;
- Precisar en qué puntos específicos del tramo existen los principales problemas de transitabilidad, y las causas de dichos problemas.
- Explicar las acciones correctivas y de gestión que hayan sido emprendidas para mejorar los problemas de transitabilidad persistentes en el/los tramo/s en estudio; así como los resultados de dichas acciones, en términos de la mejora en las condiciones de tránsito por el/los tramo/s en estudio.

Todo lo antes descrito tiene el fin de poder, como se ha dicho, caracterizar la ‘oferta’ de la infraestructura vial, a efectos de establecer el CGV por tipo de vehículo que transita por dicha infraestructura.

III. Balance Oferta-Demanda

El balance oferta-demanda, tiene el propósito de establecer la situación de equilibrio, entre los vehículos que transitan por el tramo en estudio y las condiciones de transitabilidad de dicho tramo. La Figura 8 muestra conceptualmente dicho equilibrio de la situación 'sin proyecto'.

Figura 8. Equilibrio en la situación 'sin proyecto'



La meta es tener la cantidad de vehículos que transita por el tramo en interés y el CGV. Se recomienda que esto se haga para cada tipo de vehículo. El CGV es la suma de los COV y del costo del tiempo de viaje. Los COV vienen determinados por las características técnicas-mecánicas de los vehículos como por lo las condiciones de transitabilidad del tramo. Por su parte el costo del tiempo de viaje está dado por el costo de oportunidad del tiempo de los pasajeros y la duración del viaje.

Para determinar el COV se recomienda usar el *Red Model* (Road Economic Decision Model)², que es un aplicativo desarrollado por el Banco Mundial para evaluar proyectos de infraestructura vial, en especial caminos. Este aplicativo está implementado en

² El Red Model genera ecuaciones polinómicas (cúbicas), en donde la variable independiente es el Índice de Rugosidad Internacional (IRI). Se deben especificar características del terreno y de la superficie de rodamiento, así como el IRI, y el Red Model entrega los COV por tipo de vehículo, así como la velocidad promedio de desplazamiento, que junto con la longitud del tramo en estudio, permite estimar la duración del recorrido.

Microsoft Excel, y en Nicaragua es el Ministerio de Transporte e Infraestructura (MTI), el responsable de calibrarlo para que pueda ser usado en las evaluaciones económicas de proyectos de infraestructura vial.

La Tabla 5 muestra los COV y la velocidad promedio de desplazamiento por tipo de vehículo, obtenido del Red Model, especificándose un terreno tipo montañoso, superficie de Ripio y un IRI de 13.86, correspondientes al tramo San Lucas-Las Sabanas.

Tabla 5. COV y velocidad de desplazamiento, según tipo de vehículo

Tipo de vehículo³	COV (US\$/km-veh)	Velocidad (km/h)
Automóvil Mediano	0.211	45.2
Vehículo de Reparto	0.309	44.8
Autobús Liviano	0.239	45.4
Autobús Mediano	0.464	33.8
Autobús Pesado	0.730	34.2
Camión Liviano	0.458	41.4
Camión Mediano	0.707	39.8
Camión Pesado	0.895	41.5
Camión Articulado	1.463	35.6

Para establecer el equilibrio 'sin proyecto' se requiere conocer el costo de oportunidad del tiempo de los pasajeros, además de la cantidad de pasajeros por tipo de vehículo, y por supuesto la duración del viaje, que se obtiene a partir de las velocidades de desplazamiento y de la longitud del tramo en estudio. Para el caso del tramo San Lucas-Las Sabanas es de 21 km.

El costo de oportunidad del tiempo de los pasajeros viene dado por las actividades económicas-productivas de estos, como por el motivo de viaje. Se hace evidente que entre los pasajeros hay diversidad de tipos de actividades económicas, como motivos de viaje, incluso diferencias generacionales (niños, que no trabajan, adultos). A nivel de perfil, se recomienda no tratar esas diferencias, y estimar un único costo de oportunidad del tiempo a través de establecer el salario o ingreso por hora promedio en la zona de

³ Los tipos de vehículos que posee el Red Model pueden diferir de los tipos usados en los conteos de tráfico, compárese las Tablas 3 y 4. Lo que procede es hacer una equivalencia entre los tipos para poder usar así los valores de COV y velocidades arrojados por el Red Model.

IV. Análisis Técnico de las alternativas

Basándose en la postulación de las alternativas, se debe avanzar en la configuración técnica de tales alternativas propuestas. En un proyecto de infraestructura vial, los elementos técnicos están referidos principalmente al diseño de la carpeta de rodamiento (estructura de pavimentación), y de todas las demás obras complementarias (obras de drenaje mayor y menor, hombros, cunetas, aceras, bahías de buses, ciclovías y demás).

Si se tratara de un proyecto de construcción de nueva infraestructura vial, un nuevo tramo de camino o de carretera, entonces se hace relevante analizar la localización de ese tramo, y para ello se tomarán aspectos específicos desarrollados en la sección Localización en este mismo apartado. Por el contrario, si se trata de un proyecto de mejoramiento, rehabilitación o reemplazo de infraestructura vial, la localización viene establecida a priori.

Otros elementos de análisis son el tamaño y la tecnología, que junto con la localización, son decisiones interdependientes que serán más o menos importantes según sea el caso. De las decisiones técnicas se derivarán requerimientos de recursos para la inversión y el mantenimiento de la infraestructura vial.

A. La Localización

El análisis de localización tiene el fin de elegir el sitio de ubicación más conveniente para el proyecto, esto es, aquella que maximice el bienestar de los usuarios del proyecto, y/o minimice el costo social, en un marco de factores o variables condicionantes; cuando el proyecto sea nuevo. Tal análisis se realiza sobre las variables determinantes de la localización, entre otras, la (i) ubicación de la población objetivo, (ii) la localización de las materias primas e insumos (los bancos de materiales), (iii) la presencia de vías de comunicación que puedan ser alternativas o complementarias al proyecto, (iv) la existencia de servicios públicos e infraestructura social y productiva, (v) condiciones climáticas, ambientales y de salubridad, (vi) características topográficas, (vii) precio de la tierra, (viii) planes de desarrollo territorial. Véase Figura 9.

Figura 9. Esquema del análisis de localización



El análisis de localización puede abordarse en dos etapas sucesivas: la macrolocalización y la microlocalización. En la primera etapa, el tipo de proyecto guiará la selección del municipio, comunidad, localidad o barrio de localización del proyecto, así deberá determinarse la variable de más peso para macrolocalizar el proyecto.

Luego, la microlocalización puede ser el resultado del análisis de varias variables, como las antes señaladas, por ejemplo, el sitio específico de ubicación del camino (en caso de ser nuevo) puede ser aquel que implique menos movimiento de tierra y despale.

Como es evidente hay proyectos en los que la localización está pre-establecida, por ejemplo la rehabilitación de un camino.

B. El Tamaño o características técnicas de las alternativas

El tamaño se refiere, en un proyecto de infraestructura vial, al nivel de transitabilidad ofrecido por dicha infraestructura, que viene dado por las características técnicas del/los tramo/s a ser construidos, rehabilitados, mejorados o remplazados, según sea el caso.

Entre las características técnicas son especialmente relevantes la longitud, el número de carriles y vías, el ancho de los carriles, velocidad de diseño, carga de diseño, vida útil y el

tipo de carpeta de rodamiento. En esta sección deberán indicarse las características técnicas de diseño de cada una de las alternativas propuestas.

Recuérdese que hay una relación directa entre las características técnicas y los CGV, por lo tanto, en esta sección deberá aportarse la información relevante para poder establecer los CGV en la situación 'con proyecto' de cada una de las alternativas técnicas.

C. La Tecnología o proceso de construcción

La tecnología se refiere al cómo y con qué: los procedimientos y materiales para ejecutar el proyecto. En esta sección se explicarán los elementos de normatividad de diseño, de materiales, de procesos, y de arreglos institucionales para llevar a cabo el proyecto con éxito.

Se sugiere incluir un listado de las principales actividades y obras a ser desarrolladas durante la ejecución, con su correspondiente programación física.

V. Análisis de riesgo a desastres

El análisis de riesgos a desastres tiene el fin de determinar los riesgos a desastres ante la ocurrencia de amenazas o peligros en el sitio de emplazamiento del proyecto, sea por vulnerabilidad del sitio o provocadas por el mismo proyecto; además de identificar las medidas de prevención y mitigación (medidas de reducción de riesgo) pertinentes. Tempranamente, en el mismo diagnóstico situacional se ha sugerido estudiar y determinar los riesgos de desastres presentes e históricamente acaecidos en el área de influencia del proyecto, esto con el fin de hacer integral este análisis en las diferentes secciones del proyecto.

A. Conceptos claves⁴

El **peligro**, también llamado amenaza, es **un evento de origen natural, socionatural o antropogénico**, que por su magnitud y características puede causar daño.

- (i) **Natural**: cuando se asocia a fenómenos meteorológicos, geotectónicos, biológicos, de carácter extremo o fuera de lo 'normal'.
- (ii) **Socionatural**: corresponde a una inadecuada relación hombre-naturaleza; está relacionado con procesos de degradación ambiental o de intervención humana sobre los ecosistemas. Se expresa en el aumento de la frecuencia y severidad de los fenómenos naturales o puede dar origen a peligros naturales que no existían antes y puede reducir las capacidades mitigantes de los ecosistemas naturales.
- (iii) **Tecnológico o antropogénico**: está relacionado a procesos de modernización, industrialización, desregulación industrial o la importación, manejo, manipulación de desechos o productos tóxicos. Todo cambio tecnológico, así como la introducción de tecnología nueva, puede tener un rol en el aumento o disminución de ciertos peligros.

La **vulnerabilidad** es la susceptibilidad de una unidad social (familias, comunidad, sociedad), estructura física o actividad económica, de sufrir daños por acción de un peligro o amenaza. Dicha vulnerabilidad es explicada por el *grado de exposición* de la unidad social a la amenaza o peligro; por la *fragilidad*, es decir, la resistencia y nivel de protección frente al impacto de un peligro o amenaza, y la *resiliencia*, que es el nivel de asimilación o capacidad de recuperación de la unidad social afectada por la amenaza una vez ocurrida.

El **riesgo** es la probabilidad de que la unidad social sufra daños y pérdidas como resultado de la ocurrencia de una amenaza o peligro. En la medida que el proyecto esté expuesto a una amenaza y sea más vulnerable, mayor será el riesgo. El riesgo se reduce en función de los cambios que se realicen en los componentes del riesgo (amenaza y vulnerabilidad),

⁴ Tomados de la Guía de Evaluación Económica de la Inclusión de la Variable de Riesgo de Desastres en la Inversión Pública, publicado por el Centro de Coordinación para la Prevención de los Desastres Naturales en América Central (CEPREDENAC). Como parte de procesos armonizados de la gestión integral de riesgos (GIR) de desastres CEPREDENAC y los países centroamericanos han destinado esfuerzos para contar con un único instrumento, que es retomado así en la presente Metodología de Preinversión.

esto es, por ejemplo, evitando localizar el proyecto cerca de las amenazas: no construir las escuelas en las laderas de los cerros con historia de deslizamientos, o en cauces naturales de agua con historia de inundaciones o crecidas; o reduciendo la vulnerabilidad. Estas medidas se denominan medidas de reducción de riesgo (MRR).

B. Análisis de emplazamiento

El análisis de emplazamiento consiste en identificar los posibles peligros o amenazas a los que se expone el proyecto en el sitio seleccionado de localización y en su área de influencia. Se trata de identificar aquellas amenazas naturales, socionaturales o antropológicas, que podrían afectar el proyecto durante su ejecución, pero aún más importante durante su operación.

La ocurrencia de una amenaza pone en riesgo el servicio de transitabilidad que ha motivado el proyecto de infraestructura vial, y por lo tanto, los beneficios sociales y económicos del proyecto podrían verse interrumpidos. El análisis de emplazamiento debe por lo tanto señalar las amenazas o peligros, y aportar información estadística sobre la ocurrencia histórica de esas amenazas. Además, el análisis de emplazamiento debe ser prospectivo a fin de identificar las nuevas amenazas como resultado de los cambios en los elementos naturales, socionaturales y principalmente los antropológicos, que pudieran ser provocados por el proyecto mismo. La construcción de un camino podría derivar en peligro de inundaciones que 'sin el proyecto' no existían.

Para realizar el análisis de emplazamiento existen Matrices de Análisis de Emplazamiento, que incluyen diferentes componentes a ser evaluados, entre otros (i) geología, (ii) recursos hídricos, (iii) ecosistema, (iv) medio construido, (v) institucional y social; cada componente incorpora variables específicas de análisis, por ejemplo, el componente geología, tiene las variables: vulcanismo, formación geológica, deslizamientos y rangos de pendiente. La metodología de análisis consiste en asignar un puntaje, sobre la base de una escala predefinida en Matrices de Evaluación, que establece características para las variables de cada componente. El evaluador a partir del análisis del sitio, determinará a qué características se asimila, y en función de ello establecerá la evaluación.

El resultado final del análisis de emplazamiento es una calificación ponderada, con valores que oscilarán entre 1 y 3, siendo que el valor de 1 significa que el sitio no es elegible para realizar la inversión o para localizarla, y el valor de 3 significa que sí es elegible⁵.

C. Análisis de vulnerabilidad

Tomando como base el análisis de emplazamiento, en esta sección corresponde identificar las vulnerabilidades que presenta el proyecto, en términos del grado de exposición, la fragilidad y la resiliencia. Es importante que el análisis sea prospectivo en el sentido de anticipar o predecir cómo las amenazas interaccionan y podrían en caso de ocurrir, causar daño o pérdidas al proyecto y a la comunidad beneficiaria.

El proyecto de construcción de un camino en una zona montañosa con historias de inundaciones y deslizamientos, será más (o menos) vulnerable en función de tipo de construcción (diseño, materiales, tecnología de construcción) con que se ejecute.

Al igual que en el análisis de emplazamiento, para analizar la vulnerabilidad existen componentes y variables en la Matriz de Análisis de la Vulnerabilidad, los cuales son evaluados tomando una escala y asignando un peso a cada variable de análisis. El valor de la evaluación está entre 1 y 3, si es 1 significa que el proyecto es muy vulnerable y por lo tanto no elegible; y si es tres (mayor de 2.6, en la escala), significa que el proyecto no conlleva vulnerabilidades a los usuarios.

D. Valoración del impacto del desastre

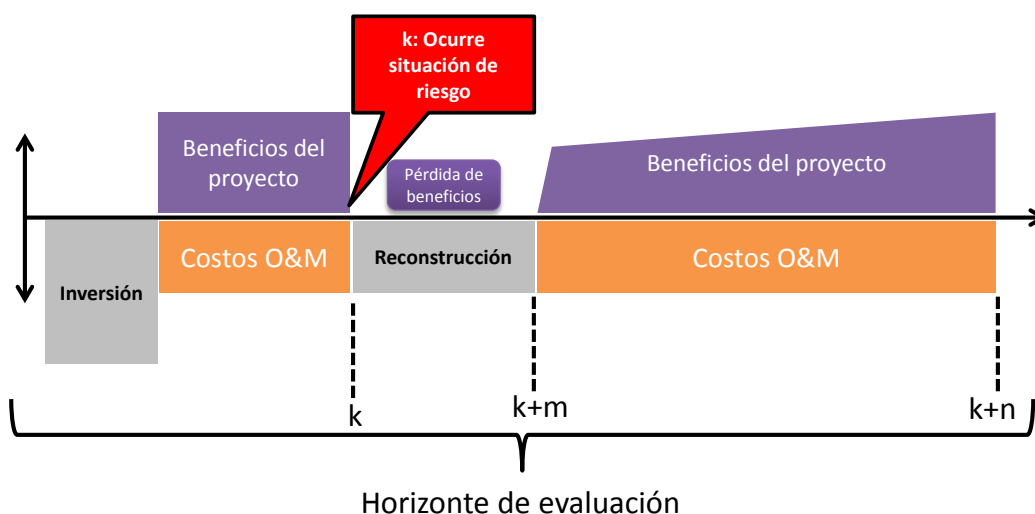
El riesgo de desastre, se ha dicho, es la probabilidad de que el proyecto sufra daños o pérdidas como resultado de la ocurrencia del peligro o amenaza. En esta sección debe determinarse el valor de esa probabilidad, pero sobre todo, el valor del daño como resultado del desastre. El valor del daño tiene dos elementos: (i) la pérdida de la entrega de servicios durante el proyecto es interrumpido por la ocurrencia del desastre, y (ii) el

⁵ Los detalles del análisis del emplazamiento y del análisis de la vulnerabilidad están en la Guía de Evaluación Económica de la Inclusión de la Variable de Riesgo de Desastres en la Inversión Pública, disponible en www.snip.gob.ni/preinversion.

costo de reconstrucción post-desastre. El primer elemento debe incluir los costos paliativos para restablecer tempranamente la entrega del servicio así como todas las acciones de mitigación implementadas.

La Figura 10 muestra los efectos de la ocurrencia del riesgo a desastres durante la operación del proyecto. Puede notarse cómo el desastre interrumpe la operación del proyecto, provocando la pérdida de beneficios, así como costos de reconstrucción.

Figura 10. Flujo de un proyecto con la ocurrencia de situación de riesgo



Lo importante en esta sección es establecer un valor económico del daño, que luego puede ser comparado con el costo de las MRR.

E. Identificación de las medidas de reducción de riesgo (MRR)

Las MRR tienen el fin de reducir la vulnerabilidad, esto se logra con la reducción del grado de exposición, reduciendo la fragilidad y aumentando la resiliencia. Para reducir el grado de exposición, se puede alejar el proyecto (infraestructura) de la amenaza o construir infraestructura de protección, que además disminuiría la fragilidad, tales como muros de contención, gaviones, áreas de foresta, para mayor absorción del agua, en fin, acciones todas ellas a reducir la vulnerabilidad del proyecto.

La identificación de las MRR puede enmarcarse en un análisis que considere la gestión prospectiva, correctiva y reactiva del riesgo. Por gestión prospectiva entiéndase medidas o acciones anticipadas para impedir o prevenir que aparezcan nuevos riesgos, por ejemplo, medidas para prevenir deslizamientos en el proyecto de construcción de un camino; por gestión correctiva, son medidas para reducir el riesgo existente, y las reactivas, aquellas a implementarse cuando ocurra el riesgo.

Todas las medidas serán costeadas a fin de compararse con los beneficios derivados de ellas.

VI. Análisis administrativo-organizacional y legal

A. Aspectos administrativos y organizativos

La organización y administración de la ejecución -fase de inversión- es un aspecto que deber ser abordado con suma importancia en el perfil del proyecto. En esta sección deberá establecerse el tipo de organización que será responsable de la ejecución, por ejemplo, en proyectos de caminos adoquinados han cobrado especial relevancia los Módulos Comunitarios de Adoquinados (MCA), debido a sus menores costos de ejecución. También es relevante indicar la existencia o no de supervisión externa (adicional a la realizada por la institución), y los principales procesos administrativos de la unidad ejecutora responsable directa de la ejecución.

B. Aspectos legales

Son importantes en los proyectos de infraestructura vial los aspectos ambientales y sus regulaciones legales, así como los referidos a la expropiación de terrenos que estén ubicados sobre el trazado del proyecto. Se recomienda hacer una revisión exhaustiva de todos los elementos legales inherentes a la ejecución y posterior operación.

VII. Costos de Inversión y Gastos de Operación y Mantenimiento

El proyecto requiere de recursos para su ejecución y para su operación. Estos recursos se denominan genéricamente los costos del proyecto. Debe sin embargo diferenciarse entre

los costos de inversión, que son incurridos durante la ejecución del proyecto, y los gastos de mantenimiento que ocurren cuando el proyecto está en operación, ofreciendo 'servicios' de transitabilidad a sus usuarios.

A. Los costos de inversión

El SNIP de Nicaragua reconoce las siguientes categorías de costos de inversión:

- (i) *Estudios y Diseños*, referida a los estudios de preinversión y diseños de ingeniería requeridos para tomar la decisión de ejecutar el proyecto y que guían la ejecución en sí.
- (ii) *Infraestructura*, se refiere a todas las obras que incluye el proyecto. Esta infraestructura es un factor de producción clave en la función de producción del bien o servicio que generará el proyecto, y que es su razón de ser.

Será parte del costo de la infraestructura todas las obras realizadas como MRR, que hayan sido identificadas en la sección de Análisis de riesgo a desastres.

Para sistematizar la información del costo de la infraestructura puede elaborarse una tabla que incluya los tipos de obra, alcance (unidad de medida), precios (costos) unitarios, y costo total.

También es importante clasificar los costos de las obras según la mano de obra calificada y no calificada, y materiales transables y no transables, usados para la construcción de tales obras. Esto será útil para la evaluación social.

- (iii) *Maquinaria y equipamiento*, incluye el costo de todos los equipos y maquinarias requeridos para el proceso productivo del proyecto. El costo de la maquinaria y equipamiento debe incluir todos los gastos incurridos hasta su puesta a punto, tales como el transporte (fletes y seguros), así como los gastos de instalación y las pruebas iniciales. En un proyecto de infraestructura vial, corresponden a esta categoría el equipamiento en las casetas de control de peso ubicadas sobre la carretera, los dispositivos de seguridad electrónica para controlar límites de velocidad, en el caso que las hubiera, semáforos, entre otros.

(iv) *Supervisión*, esta categoría de costo de inversión se refiere a la contratación de una firma externa responsable de la supervisión de la ejecución de obras.

(v) *Administración*, son los recursos empleados para administrar la ejecución del proyecto, esto es, financiar la organización *ad hoc* responsable de la ejecución, así como los gastos incurridos durante la ejecución por parte de esa instancia. Estos pueden ser salarios, combustibles, materiales de oficina, viáticos, entre otros.

El análisis de los requerimientos de infraestructura y equipamiento viene dado por la identificación de las alternativas de solución, y por los análisis de tamaño, localización y tecnología. Es así, que para cada una de las alternativas de solución identificadas deben costearse los requerimientos de inversión en infraestructura, maquinaria y equipamiento, supervisión, administración, y estudios y diseños. Este costeo se realiza a precios de mercado, es decir a los precios realmente pagados (desembolsados).

Es posible que el periodo de inversión dure más de un año, si este fuera el caso, deberá programarse la ejecución de la inversión, es decir, distribuir anualmente los recursos. Esta distribución no es arbitraria, por el contrario, viene condicionada por el ritmo de ejecución física de la inversión (infraestructura y equipamiento); la que a su vez está determinada por el tamaño, localización y tecnología. Son los aspectos técnicos del proyecto los que condicionan la magnitud y el esfuerzo de inversión en términos de recursos y temporales.

B. Los gastos de operación y mantenimiento

Los gastos de operación son todos aquellos incurridos para desarrollar el proceso productivo de los bienes y/o servicios producidos por el proyecto una vez esté en operación (después de la inversión). En un proyecto de infraestructura vial es común no tener gastos de operación, como los hay en otros, por ejemplo un hospital. No obstante, puede haber proyectos que sí incorporaran gastos de operación, por ejemplo, cuando el proyecto incluye casetas de peajes, casetas de control de pesos, puestos de servicio y asistencia técnica a conductores, y facilidades similares. Cuando lo mencionado exista, deberán estimarse sus correspondientes gastos de operación, consistentes en salarios, materiales, servicios básicos, y aquellos relevantes para la operación de tales facilidades.

Por lo concerniente a los gastos de mantenimiento, son todos los incurridos para preservar o mantener la capacidad de producción o nivel de servicio de la infraestructura y de la maquinaria y equipamiento que participa en el proceso de producción de los bienes y servicios entregados por el proyecto. En el caso de la infraestructura vial, los gastos de mantenimiento están relacionados principalmente a mantener el nivel de servicio de la carpeta de rodamiento. Los gastos de mantenimiento deben incluir el mantenimiento de las obras incorporadas como MRR.

Los gastos de operación y mantenimiento deben estimarse a precios de mercado (monto monetario egresado) durante todo el horizonte de evaluación del proyecto.

En esta sección el resultado esperado es una programación de los gastos de operación y mantenimiento incrementales durante el horizonte de evaluación del proyecto. Conocer la cuantía de estos gastos es importante para la evaluación del proyecto, pero también lo es para su sostenibilidad.

Parte 3

Evaluación del Proyecto

La evaluación del proyecto es la etapa final del proceso de formulación. En esta sección se entregan elementos teóricos sobre la evaluación social de proyectos, a la vez que se explican los dos enfoques de evaluación: análisis beneficio-costos y costo-efectividad, indicándose cuando es conveniente aplicar uno u otro. Se abordan los dos principales indicadores de la rentabilidad del proyecto (VAN y TIR), además de detallar el proceso de evaluación de las medidas de reducción de riesgo a desastre. Se concluye con anotaciones sobre el análisis de sensibilidad y consideraciones de la sostenibilidad del proyecto.

I. Introducción

Los proyectos de infraestructura vial tienen invariablemente el objetivo de hacer más eficiente el transporte de carga y pasajeros por las carreteras y caminos. Sea que el proyecto consista en la construcción de una nueva carretera o tramo de ella, en su ampliación por la adición de uno o más carriles, en el mejoramiento de la carpeta de rodamiento, o en la apertura de un camino o su mejoramiento; los costos de operación vehicular y el tiempo de viaje *han de reducirse*. Estos son los principales beneficios de los proyectos viales.

En este capítulo se aportan los principales elementos teóricos-prácticos, que permitan enfrentar adecuadamente el proceso de evaluación de un proyecto de infraestructura vial. Ese proceso tiene su punto de partida en la definición muy precisa de la situación “sin proyecto” y en su optimización, para luego pasar a la definición de la situación “con proyecto”. Ambas situaciones, “sin” y “con proyecto”, deben expresarse en términos de la oferta y la demanda de la infraestructura vial.

La oferta viene dada principalmente por las características técnicas de la vía –carretera, camino-, las cuales impactan directamente sobre la velocidad promedio de desplazamiento y los costos de operación vehicular. Entre esas características están evidentemente aquellas que definen la vía, como su longitud, ancho y número de carriles, sinuosidad, pendiente, tipo de carpeta de rodamiento, entre otras. El indicador más común para expresar ese nivel de servicio de la vía es el Índice de Rugosidad (IRI); tal y como se ha expuesto en los capítulos precedentes.

Por su parte, la demanda viene explicada por los usuarios de la vía. Los vehículos de pasajeros y carga que transitan por ella. Estos usuarios tienen un motivo de viaje, un origen y destino, unas características socioeconómicas, y por lo tanto, tienen beneficios diferentes por transitar por esa vía, y los costos que enfrentan serán diferentes. Evidentemente el costo por kilómetro es mayor en un camión de tres ejes que en un vehículo liviano. Y el costo de oportunidad del tiempo es diferente para una persona que viaja por negocios que para otra que viaja por ocio sobre esa misma vía; o si se trata de un productor que lleva los productos hacia los mercados de venta.

Para evaluar los proyectos de infraestructura vial existen dos enfoques: el excedente de los consumidores y el excedente de los productores. Estos enfoques son alternativos, y se presentarán en esta metodología de evaluación.

II. El enfoque del Excedente del Consumidor

A. Comentarios iniciales

Este enfoque consiste en analizar los efectos del proyecto de infraestructura vial directamente en el mercado del transporte, analizando los ahorros en el **costo generalizado de viaje**, que incluye: los costos de operación vehicular, el costo-tiempo de viaje, y el pago de peaje⁶. Los proyectos pueden ser desde construir un puente sobre una ruta o reemplazarlo, adicionar uno o más carriles, cambiar la carpeta de rodadura, adicionar ciclo vías, y otros. Todos estos proyectos pueden tener todos los beneficios listados:

⁶ En Nicaragua no hay aún carreteras con peaje. El peaje es el cobro realizado al usuario (vehículo) de una carretera (o tramo de ella).

- (i) Ahorro de costos de operación vehicular*
- (ii) Disminución de los costos de mantenimiento*
- (iii) Ahorro de tiempo de viaje*
- (iv) Disminución de los accidentes*
- (v) Disminución de la contaminación*

A esa lista pueden agregarse otros beneficios más complejos como la dinamización de las exportaciones, por ejemplo, pero que en realidad no es más que un efecto-impacto derivado de la disminución de los costos generalizados de viaje. De esos beneficios, los tres primeros son de más común evaluación, porque pueden cuantificarse y valorarse más sencillamente. El beneficio por la disminución de accidentes puede valorarse por el costo 'evitado' de la pérdida de bienes en los accidentes. La disminución de la contaminación puede valorarse calculando la menor cantidad de CO2 emitido, y tomando un valor monetario para cada tonelada 'evitada'. Actualmente, existe un mercado de bonos de carbono en el que proyectos que reduzcan la contaminación pueden transarlos. Para los proyectos viales no es tan común como sí los es para plantas de generación de energía con fuentes renovables.

Por lo anterior, vale más la pena -en el sentido estricto de la conveniencia económica- centrarse en los primeros tres beneficios y ver qué pasa con la conveniencia del proyecto.

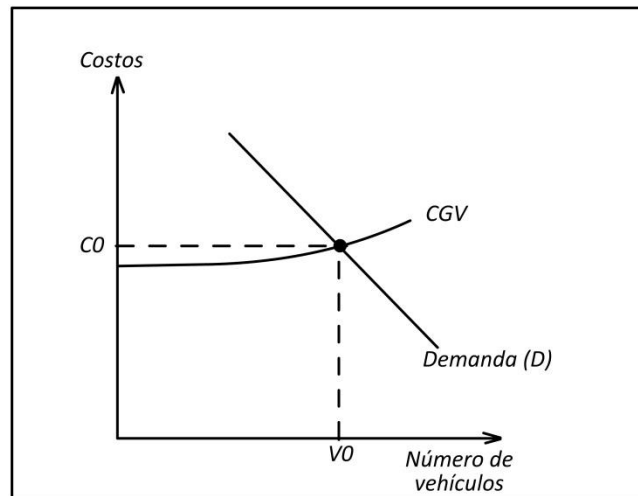
B. El enfoque metodológico

Como se ha anticipado en la introducción, lo primero es definir la situación "sin proyecto". Además de detallar en información sobre el estado de la carretera, sus características

técnicas y demás -esto es oferta-, debe detallarse en la demanda. Para ello, debe saberse volúmenes de tráfico por tipo de medio, es decir, vehículos livianos, pesados, de carga, de pasajeros; y el costo de operación por kilómetro de cada vehículo, así como el costo de viaje, en el caso de los pasajeros, con su correspondiente tiempo de viaje, a fin de adjudicar un valor a cada hora de tiempo. Finalmente, la situación “sin proyecto”, a efectos de la evaluación, queda dada por los siguientes datos, para cada tipo de vehículo: la cantidad de vehículos, el número de pasajeros por tipo de vehículo, el costo de operación por kilómetro para esos vehículos, y el costo del tiempo de viaje. Todo ello es el costo generalizado de viaje, y ese costo es el costo medio social por transitar por la vía. Esto se ha realizado ya en el capítulo de la formulación del proyecto, sección Balance Oferta-Demanda.

La Figura 11 muestra el equilibrio “sin proyecto”. Bien puede tratarse de un camino, con el de San Lucas-Las Sabanas con longitud de 21 km, con IRI de 13.86. La curva de demanda (D) muestra el beneficio marginal social o la valoración que tiene cada usuario por usar la vía. La curva de Costos Generalizados de Viajes (CGV) es plana en una primera sección de ella, y luego crece, esto para representar la congestión y el consecuente incremento de CGV a medida que aumenta la cantidad de vehículos en la vía, puesto que ocasiona que la velocidad promedio de desplazamiento baje y por tanto los CGV sean crecientes. V_0 es la cantidad de vehículos que pasa por la vía a un costo generalizado de viaje C_0 , en la situación “sin proyecto”.

Figura 11. Equilibrio en la situación 'sin proyecto'

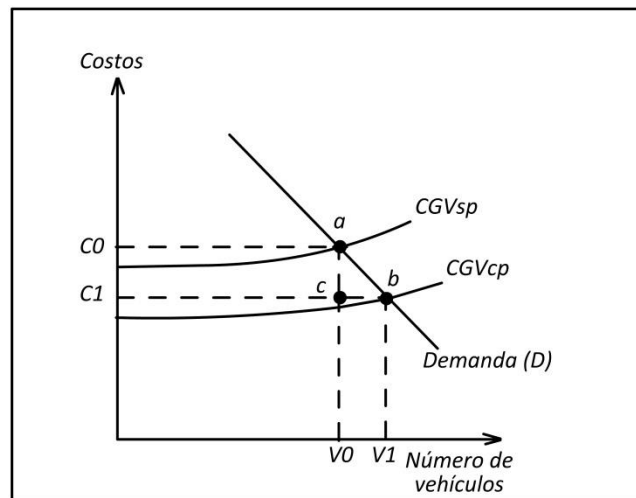


El proyecto tendrá el objetivo invariable, como se ha dicho otras veces, de bajar el costo de operación vehicular y el costo-tiempo de viaje; o mejor dicho, los costos que tienen las personas por ir de un origen a un destino; o aún de una mejor forma, el costo que se tiene por ir al trabajo, a la universidad, al colegio, al hospital, o a visitar a los familiares los fines de semana. El proyecto puede consistir en el mejoramiento de la carpeta de rodamiento, para disminuir los CGV, mejorando el IRI. Esta disminución origina dos beneficios directos: (i) Beneficio por Liberación de Recursos (BLR), para los vehículos que transitan en la situación "sin proyecto", denominados **tráfico normal**; y (ii) Beneficio por Aumento de Consumo ($B\Delta^+C$), o por el mayor tráfico debido a esa reducción de costos, denominado, **tráfico generado**.

En la Figura 12, el punto 'a' muestra la situación 'sin proyecto', que corresponde al par (V_0, C_0) . Debido al proyecto, bajan los CGV por transitar por el camino (o carretera), esto se ve gráficamente con el traslado de la curva de CGV hacia abajo y la derecha,

provocando que transiten más vehículos a un costo menor. El punto 'b' corresponde al equilibrio 'con proyecto', par (V1,C1). Como puede observarse, se cumplen las siguientes condiciones: C1<C0 y V1>V0. V0 corresponde al tráfico normal (que transita en la situación 'sin proyecto'), y el tráfico generado correspondería a V1-V0.

Figura 12. Equilibrio en la situación 'con proyecto'



En lo concerniente al tráfico generado, este puede estimarse a partir de conocer la elasticidad precio de la demanda del camino o carretera en estudio. La expresión (3), muestra que conociendo la disminución en los costos generalizados de viaje debida al proyecto, el tráfico normal "sin proyecto", y la elasticidad precio de la demanda, se puede calcular rápidamente el tráfico generado.

$$(3) \left\{ \begin{array}{l} \text{Dado que:} \\ \Delta V = V1 - V0 \\ \Delta C = C0 - C1 \\ \eta = \frac{\Delta V}{V} * \frac{C}{\Delta C} = \frac{\Delta V\%}{\Delta C\%}; \\ \text{donde } \eta \text{ es la elasticidad precio de la demanda} \\ \therefore \\ \Delta V = \eta * V0 * \Delta C\% \end{array} \right.$$

Para explicar numéricamente el cálculo del tráfico generado, y de los beneficios del proyecto, se continuará con el ejemplo desarrollado sobre el tramo San Lucas-Las Sabanas. En el capítulo 2, se estableció la situación 'sin proyecto', determinándose los CGV para cada tipo de vehículo. Suponga que la alternativa de mejoramiento de la carpeta de rodamiento a través de MAC, permite bajar el IRI de 13.86 a 4.5, con lo cual disminuyen los CGV. El cálculo del CGV con proyecto es mostrado en la Tabla 7.

Tabla 7. Los CGV por tipo de vehículo en el tramo en estudio, 'con proyecto'

Tipo de vehículo	COV* (US\$/km-veh)	Velocidad* (km/h)	t (hrs)	pas	CTv (US\$/veh)	CGV (US\$/veh)
Automóvil Mediano	0.144	62.88	0.33	4	0.79	3.81
Vehículo de Reparto	0.2	63.08	0.33	4	0.79	4.99
Autobús Liviano	0.163	63.34	0.33	11	2.18	5.6
Autobús Mediano	0.339	43.34	0.48	21	6.05	13.17
Autobús Pesado	0.5	43.34	0.48	42	12.1	22.6
Camión Liviano	0.31	55.46				6.51
Camión Mediano	0.509	51.96				10.69
Camión Pesado	0.655	62				13.76
Camión Articulado	1.056	51.71				22.18

* Los valores de los COV y las velocidades se han obtenido del Red Model, con un IRI de 4.5. Para el resto de los cálculos se procedió según lo explicado en el capítulo 2, sección de Balance Oferta-Demanda.

Además, considere una elasticidad precio de la demanda de -1, para estimar así el tráfico generado, como se muestra en la Tabla 8. El TPDA para el tráfico normal, corresponde al valor proyectado para el año 2012, suponiendo ese el primer año de operación del proyecto. La elasticidad igual a -1, implica que por cada 1% en reducción del CGV, aumentará en 1% el TPDA, ante la ausencia de una adecuada estimación de dicha elasticidad, se recomienda usar -1 a nivel de perfil.

Tabla 8. Estimación del tráfico generado

Tipo de vehículo	TPDA 2012 (V0)	CGV sp (US\$/veh)	CGV cp (US\$/veh)	% reducción CGV	η	Tráfico generado (V1-V0)
Automóvil Mediano	106	5.53	3.81	-31%	-1	33
Vehículo de Reparto	129	7.62	4.99	-35%	-1	45
Autobús Liviano	0	8.06	5.6	-31%	-1	0
Autobús Mediano	0	17.55	13.17	-25%	-1	0
Autobús Pesado	11	30.7	22.6	-26%	-1	3
Camión Liviano	8	9.62	6.51	-32%	-1	3
Camión Mediano	6	14.85	10.69	-28%	-1	2
Camión Pesado	5	18.8	13.76	-27%	-1	1
Camión Articulado	0	30.72	22.18	-28%	-1	0

* Los valores de los COV y las velocidades se han obtenido del Red Model, con un IRI de 4.5. Para el resto de los cálculos se procedió según lo explicado en el capítulo 2, sección de Balance Oferta-Demanda.

Ahora que se ha estimado el tráfico generado, se explicará la forma de valoración de los beneficios del proyecto. El primero de ellos, *el beneficio por liberación de recursos*, es percibido por los usuarios actuales (tráfico normal) del tramo de camino o carretera, correspondientes a la cantidad V0 de vehículos, ver la Figura 12 y la Tabla 8. Los V0 vehículos tendrán un ahorro igual a C0-C1, debido al proyecto que bajó los CGV, la expresión (4) muestra cómo se calcula el monto de ese beneficios; y se realiza para el tipo de vehículo Automóvil. Puede verse que el valor del beneficio es diario, dado que el TPDA es diario, por lo que para anualizar ese valor bastará con multiplicarlo por 365 días/año. El valor calculado corresponde al área **C0acC1** en la Figura 12.

$$(4)BLR = V0 \times (C0 - C1)$$

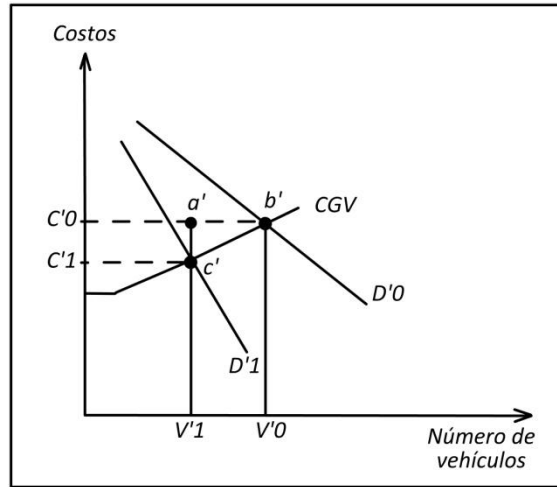
$$BLR = 106 \text{ veh/día} \times US\$(5.53 - 3.81)/\text{veh} = US\$ 182.32/\text{día}$$

Tabla 9. Beneficios directos del proyecto

Tipo de vehículo	TPDA 2012	
	BLR (US\$/día)	BΔ+C (US\$/día)
Automóvil Mediano	182.32	28.38
Vehículo de Reparto	339.27	59.175
Autobús Liviano	0	0
Autobús Mediano	0	0
Autobús Pesado	89.1	12.15
Camión Liviano	24.88	4.665
Camión Mediano	24.96	4.16
Camión Pesado	25.2	2.52
Camión Articulado	0	0

Si existiese una ruta (o tramo) alternativa al proyecto, los usuarios de esa ruta alternativa tendrían incentivos para desviarse por la ruta del proyecto. Ese volumen de tráfico que pasa de una ruta alternativa a la ruta del proyecto (tramo) se denomina **tráfico desviado o atraído**. El incentivo es que por la ruta 'mejorada' por el proyecto el costo generalizado de viaje es menor, que por la ruta alternativa. La Figura 13 ilustra el equilibrio en el tramo alternativo: debido al proyecto disminuye la demanda en el tramo alternativo, trasladándose de $D'0$ a $D'1$, con lo cual disminuye el volumen de tráfico de $V'0$ a $V'1$, siendo la disminución $(V'0-V'1)$ la cantidad de vehículos que se desvía al proyecto.

Figura 13
Equilibrio en la ruta alternativa, situación 'con proyecto'



El **beneficio indirecto** debido al tráfico desviado (BI) provocado por el proyecto corresponde al área $C'0a' b'c'1$ y se calcula según se muestra en la expresión (6). El área $a' b' c'$ corresponde a un beneficio por ahorro de costos debido a la menor congestión.

$$(6)BI = (C'0 - C'1) \times V'1 + \left(\frac{C'0 - C'1}{2} \right) \times (V'0 - V'1)$$

Para estimar el tráfico desviado se determinará la probabilidad de asignación de tráfico a la ruta del proyecto y a la ruta alternativa a partir del CGV de cada una de ellas. Ha de esperarse que la ruta menos costosa reciba más tráfico como proporción del tráfico total, donde el tráfico total es la suma del tráfico existente en la ruta del proyecto y del tráfico existente en la ruta alternativa. La expresión (7), muestra el cálculo de la probabilidad o regla de asignación.

$$(7)P_i^j = \frac{1/c_i^j}{\sum_i^n \left(1/c_i^j \right)}$$

Donde:

i: es una de las vías alternativas, por ejemplo la vía del proyecto

j: el tipo de vehículo, por ejemplo vehículo liviano

n: el número de vías alternativas, incluida la del proyecto

C: el CGV del vehículo j en la vía i

Para mostrar el cálculo de la probabilidad, suponga que el tramo San Lucas-Las Sabanas tiene un tramo alternativo, y que el CGV en ese tramo para el automóvil liviano es de US\$ 9.25. Recuérdese que se determinó el CGV 'con proyecto' para el automóvil liviano en el tramo San Lucas-Las Sabanas, siendo éste de US\$ 3.81 (ver la Tabla 8). Sustituyendo los valores, la proporción de vehículos que se asignaría al tramo del proyecto es del 70.3% del tráfico total existente y la diferencia (29.7%) al tramo alternativo. El tráfico total existente es la suma del TPDA en el tramo del proyecto (106 vehículos livianos) y en la ruta alternativa (suponga un TPDA de 60). Por lo tanto, se desviarían 11 vehículos, puesto que por el tramo del proyecto transitaría un TPDA de 117 vehículos, 11 más que 'sin proyecto', y por el tramo alternativo transitaría un TPDA de 49 vehículos, 11 menos que 'sin proyecto'.

$$P_i^j = \frac{1/3.81}{1/3.81 + 1/9.25} = 0.703$$

Habiendo obtenido el TPDA desviado, es posible calcular el beneficio indirecto a través de la expresión (6) antes mostrada. De dicha expresión se observa que es importante conocer el CGV en el tramo alternativo en la situación 'con proyecto' para estimar el beneficio de los vehículos que permanecen en el tramo, puesto que en caso de no haber cambio de CGV no hay beneficio. En la Figura 13 se aprecia que esa disminución de CGV se debe a que la demanda se traslada a una parte de la curva de CGV más baja, esto se interpreta con menos congestión, como también puede interpretarse a menos deterioro de la vía debido a la menor cantidad de vehículos transitando por ella, lo que se reporta en un menor CGV. En todo caso, deberá realizarse la estimación de dicho

CGV. Supóngase para efectos de mostrar el cálculo del BI un CGV en la ruta alternativa en la situación 'con proyecto' de US\$ 8.00 para el vehículo liviano (es decir una reducción US\$ 1.25).

$$BI = \frac{US\$(9.25 - 8)}{veh} \times 49 veh + \frac{US\$(9.25 - 8)/veh}{2} \times 11 veh = US\$ 68.13$$

La determinación de la conveniencia de la ejecución del proyecto se determina con el Valor Actual Neto (VAN) y, alternativamente, la Tasa Interna de Retorno (TIR). La Expresión (8), resume el cálculo del VAN y la (9) el cálculo de la TIR.

$$(8) VAN(r) = - \sum_{t=0}^m \frac{I_t}{(1+r^*)^t} + \sum_{t=m}^N \frac{(BLR + B\Delta^+C + BI)_t}{(1+r^*)^t} + \sum_{t=m}^N \frac{(CMtCP - CMtSP)_t}{(1+r^*)^t}$$

Donde r^* es la tasa de descuento exigida, siendo para el caso de Nicaragua la Tasa Social de Descuento del 8%, $t=0\dots m$, el periodo de inversiones, $t=m\dots N$, el periodo de operación (horizonte de evaluación); I_t , la inversión en cada periodo, BLR , los beneficios por tráfico normal, $B\Delta^+C$, los beneficios por tráfico generado, BI , beneficio indirecto por tráfico desviado; $CMtCP$, el costo de mantenimiento con proyecto y $CMtSP$, el costo de mantenimiento sin proyecto.

$$(9) VAN(p) = - \sum_{t=0}^m \frac{I_t}{(1+p)^t} + \sum_{t=m}^N \frac{(BLR + B\Delta^+C + BI)_t}{(1+p)^t} + \sum_{t=m}^N \frac{(CMtCP - CMtSP)_t}{(1+p)^t} = 0;$$

Cumpléndose las siguientes condiciones:

$$\begin{cases} Si VAN(p) = 0, entonces, TIR = p = r; \\ Si VAN(p) < 0, entonces, TIR = p < r; \\ Si VAN(p) > 0, entonces, TIR = p > r \\ \dots \end{cases}$$

III. Enfoque del Excedente del Productor

A. Comentarios iniciales

Los caminos productivos rurales se caracterizan por niveles de tráfico bajo, por lo que el enfoque socioeconómico de evaluación más adecuado de un proyecto de mejoramiento/construcción de camino es el Enfoque del Excedente del Productor. Como en todo proyecto de transporte, el proyecto de camino tiene el propósito de reducir los costos de transporte, incluyéndose los costos de operación vehicular y el valor del tiempo de los pasajeros. El ahorro de los costos de transporte es el **beneficio directo** del proyecto.

El análisis del Enfoque de Productor se realiza en el mercado de los “bienes” que se producen en el área de influencia del proyecto, identificándose y valorándose los ahorros en los costos de abastecimiento de insumos y de comercialización. Así, la reducción en los costos de transporte podría ocasionar (i) disminución en los costos de comercialización de los productos -reducción del flete- y (ii) a su vez, reducción de los costos de producción; con el eventual aumento de la productividad.

Además, de la disminución en los costos de transporte, el proyecto de camino rural podría provocar otros beneficios sociales, vinculados con el costo de acceso de la población a los servicios de salud y de educación, con las consecuentes mejoras en las tasas de morbilidad, mortalidad, años de escolaridad, siendo estos últimos impactos explicados por multiplicidad de variables, entre ellas el estado del camino. Así, un camino mejorado puede permitir ahorros en los costos y tiempos de viaje de los pobladores que asistan a los establecimientos de salud y escolares, y estos son los **beneficios sociales que podrían atribuirse al proyecto** y que deberían siempre identificarse a través de un estudio detallado del área de influencia del proyecto; y requieren ser valorados si es que con el enfoque tradicional -enfoque del productor- no se obtiene la tasa de rentabilidad económica (TRE) exigida al proyecto.

La metodología de evaluación propuesta para los proyectos de caminos rurales mediante el enfoque del productor, consiste en un proceso progresivo de evaluación en el que se inicia identificando, midiendo y valorando los beneficios directos, estos es, los cambios/aumentos en el Excedente del Productor; y si el valor presente de esos beneficios no entrega la TRE esperada, entonces se valoran los beneficios sociales.

B. La Metodología

La rentabilidad de un proyecto de camino rural está determinada por el valor actual de los beneficios directos (VABD), el valor actual de los beneficios sociales (VABS), los valores actuales de la inversión (VAI) y de los costos incrementales de mantenimiento (VACMi) debido al proyecto; según se escribe en la expresión (10).

$$(10) VAN = -(VAI + VACMi) + VABD + VABS$$

Si los flujos de beneficios y costos se descuentan a la TRE y el Valor Actual Neto (VAN) es positivo, entonces debería decidirse ejecutar el proyecto, es decir, le conviene a la agencia, según sus criterios de rentabilidad mínimos, realizar la inversión. Alternativamente, si la Tasa Interna de Retorno (TIR) es mayor que la TRE [del 8% para el SNIP, también representada por r^*], también debería invertirse. Nótese que la TIR es la tasa que hace el VAN igual a cero, si los flujos netos de beneficios socioeconómicos están bien comportados.

De la expresión (10) se deduce que los beneficios directos y los sociales son complementarios y sus sumas parciales contribuyen a la rentabilidad del proyecto. Si en el área de influencia del proyecto se reconocen actividades productivas -de bienes o servicios, e.i. granos, hortalizas, ganadería, o servicios turísticos- y los excedentes incrementales valorados en VABD hacen que la TIR sea igual a la r^* , entonces; no hace sentido económico invertir recursos para valorar los VABS, esto no impide que al menos sean identificados los beneficios sociales. Si por el contrario los VABD no

bastan para demostrar la rentabilidad del proyecto, entonces, el cálculo de los VABS se torna primordial.

1. Los beneficios directos: cálculo del VABD

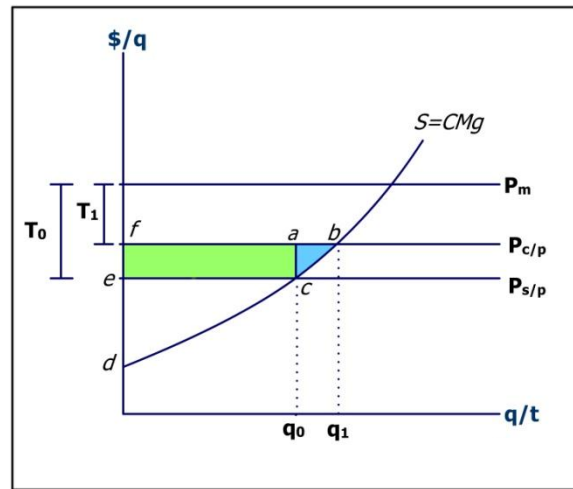
El cálculo de los beneficios directos requiere el estudio detallado de las actividades productivas -y comerciales- en el área de influencia del proyecto que podrían ser afectadas por éste, en términos de sus costos de transporte. El Enfoque del Excedente del Productor tiene como marco de análisis el mercado de los “bienes”, así, para cada “bien” –arroz, leche, ganado en pie- se debe tener conocimiento referencial sobre los mercados metas, los precios en esos mercados, los costos de transporte para comercializar, lo que determina el precio en predio o patio, así como el peso relativo del costo de transporte para el abastecimiento de insumos.

La secuencia metodológica es primero analizar los efectos del proyecto en el excedente del productor, considerando sólo el efecto en la comercialización de los “bienes”.

a. Reducción en los costos de comercialización: del predio al mercado

La reducción de los costos de comercialización implica un incremento del precio en predio que enfrenta el productor. Suponga que para el bien “j”, producido en el área de influencia del proyecto, el precio en el mercado es P_m , pero el productor enfrenta un flete por cada unidad del bien, igual a T_0 , por lo que el precio en predio del productor es P_{sp} , esto es, el precio en la situación “sin proyecto”. Véase Figura 16.

Figura No. 16
Beneficios del proyecto de camino rural
Sin cambio en curva de oferta



Siendo "S" la curva de oferta del bien "j", el excedente del productor en la situación "sin proyecto" corresponde al **área ecd**. El proyecto permite reducir el flete de T_0 a T_1 , incrementándose, por tanto, el precio en predio que recibe el productor de $P_{s/p}$ a $P_{c/p}$. De ahí, que para la misma cantidad de unidades del bien "j" que producía en la situación "sin proyecto", q_0 , el excedente del productor aumentará en el **área face**, el rectángulo sombreado.

Si el valor actual de los flujos de beneficios -aumentos del excedente del productor en el área **face**- durante el horizonte de evaluación del proyecto es mayor que el valor actual de la inversión y de los costos de mantenimiento incrementales, entonces se habría demostrado que el proyecto es rentable. Esta situación, supone que con sólo considerar el efecto de la reducción de los costos de transporte en los niveles de producción actual, el proyecto se justifica. Esto es especialmente probable en caminos productivos rurales que son la vía para acceder al mercado de muchos productores de "bienes" con alto margen de contribución, y que se producen en volúmenes importantes. La magnitud de los beneficios directos (BD), para el caso descrito, está dada por la expresión (11).

$$(11) BD_t^j = q_0 * (P_{cp} - P_{sp})$$

En la Figura 16, también se observa que dada la curva de oferta del productor (S) y el aumento del precio en predio, éste tendría el incentivo para producir q_1 , por lo que tendrá un excedente adicional igual al **área abc**, el triángulo sombreado. El cálculo de este otro excedente requiere suponer una tasa de crecimiento de las unidades producidas del bien j, crecimiento que no necesariamente debe iniciar desde el primer año de operación del proyecto, y que puede suponerse crece paulatinamente. Esto es, por ejemplo, si la tasa de crecimiento esperada máxima es del 3%, puede iniciarse en un 1.5% en el segundo año de operación y creciendo en un 1% adicional, en el tercer año, y finalmente un 0.5%, hasta estabilizar la producción. Conviene calcular el beneficio del **área abc** si con el beneficio del **área face** no se demuestra la rentabilidad del proyecto.

El beneficio directo total, **área face** más **área abc**, se calcula según la expresión (12).

$$(12) BD_t^j = q_0 * (P_{cp} - P_{sp}) + \frac{1}{2} * (q_1 - q_0) * (P_{cp} - P_{sp})$$

Debido a que el análisis se extenderá en el horizonte de evaluación de 15 a 20 años –se recomienda evaluar así los caminos–, es importante disponer de estadísticas sobre la producción histórica de los bienes, los precios en el mercado, los precios en el predio, los costos de transporte unitarios del predio al mercado; asimismo, el potencial productivo del área de influencia. El uso de “zonas testigos” será útil para los supuestos en el proyecto, especialmente para determinar los incrementos en la producción.

Para ejemplificar, suponga que en la situación sin proyecto, en el área de influencia se produce café, los productores representativos tienen una producción de 2,700 quintales (qq) al año, reciben un precio en finca de US\$ 62.5/qq y su estructura de costos indica que el costo unitario es

de US\$ 48.61/qq. Esto significa un excedente de US\$ 13.89/qq. La investigación de campo en una zona testigo ha arrojado que luego del proyecto de camino ahí ejecutado, se han producido dos efectos: (i) el precio en finca ha aumentado en un 12.5% por qq y (ii) los costos de producción han reducido en un 8.31%.

Con esta información puede determinarse el beneficio directo debido a la mejora del precio en finca, que en la figura 16 es el área **face**. Se calcula así:

$$BD = \frac{US\$(62.5 * 1.125 - 62.5)}{qq} * \frac{2,700qq}{año} = \frac{US\$(0.125 * 62.5)}{qq} * \frac{2,700qq}{año}$$

$$BD = US\$ \frac{21,093.75}{año}$$

b. Reducción en los costos de producción: cambio en la curva de oferta

La reducción en los costos de transporte debido al proyecto también puede -podría- modificar la curva de oferta de los productores, esto es, disminuir los costos de producción. Es posible observar esto cuando el peso relativo del transporte en el abastecimiento de los insumos es importante, y estos a su vez son significativos en la estructura de costos de producción del bien.

Suponga que “sin proyecto” la curva de oferta es “S₁” y debido a éste se reducen los costos de producción ocasionando un desplazamiento de tal curva, siendo “S₂” la curva de oferta en la situación “con proyecto”. Esto es, cada cantidad del bien “j” tiene un costo medio de producción menor debido al proyecto.

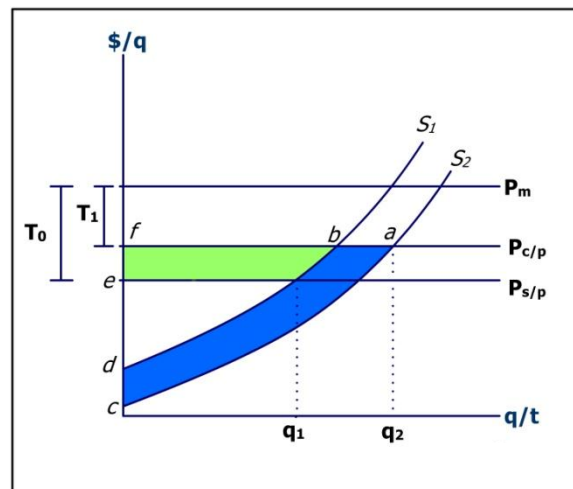
El efecto en la baja del costo del transporte, junto con aumentar el precio en predio de P_{sp} a P_{cp}, aumenta la “productividad” de los productores, obteniéndose como beneficio directo del proyecto las áreas sombreadas en la Figura 17. El monto del beneficio está dado por la expresión 13. Para

determinar el beneficio no se requiere conocer el costo marginal de producción o la curva de oferta, basta con estimar los costos medios de producción.

$$(13) \quad BD_t^j = (P_{cp} * q_2 - CMe_2 * q_2) - (P_{sp} * q_1 - CMe_1 * q_1)$$

Donde CMe_1 es el costo medio de producir q_1 unidades del bien "j" y CMe_2 es el costo medio de producir q_2 unidades.

Figura No. 17
Beneficios del proyecto de camino rural
Con cambio en curva de oferta



Se requiere construir las estructuras de costos de los productos en análisis, para determinar los costos medios. Siguiendo con el ejemplo desarrollado, el segundo efecto descrito es la reducción de los costos de producción en 8.31%. Esta reducción conllevará el segundo beneficio, que para la cantidad de bienes producidos sin proyecto, es el ahorro de costos de producción, calculado así:

$$BD = \frac{US\$(48.61 - 48.61 * (1 - 0.0831))}{qq} * \frac{2,700qq}{año} = US\$48.61 * \frac{0.0831}{qq} * \frac{2,700qq}{año}$$

$$BD = US\$ \frac{10,900.42}{año}$$

El efecto de los costos de transporte sobre el precio en predio depende de la estructura del mercado, si la industria del transporte está concentrada -es oligopólica o monopólica- el aumento en el precio en predio será menor que si fuera competitiva. Esto se refiere a la redistribución de los beneficios del proyecto, que quedaría “en manos” de los transportistas o de los productores, en uno u otro caso, respectivamente. Sin embargo, desde la perspectiva de evaluación social lo relevante es que efectivamente se reduce el costo de transporte.

Toda vez determinados los beneficios directos del proyecto [en el caso (a) y/o (b)], se deberá calcular el VAN para establecer la conveniencia de su ejecución; o alternativamente la TIR. Véase la expresión (14).

$$(14) \text{VAN} = - \left[\sum_{i=0}^k \frac{I_i}{(1+r^*)^i} + \sum_{t=k}^n \frac{CMt_{sp} - CMt_{cp}}{(1+r^*)^t} \right] + \sum_{t=k}^n \frac{\sum_{j=1}^m BD_t^j}{(1+r^*)^t} +$$

Donde, I es la inversión que se ejecuta en k periodos; BD es el beneficio directo, estimado para cada bien “j”; CMt_{sp} es el costo de mantenimiento en la situación “sin proyecto” y CMt_{cp} el costo de mantenimiento en la situación “con proyecto”, y finalmente, r^* es la TRE exigida por el SNIP.

2. Los beneficios indirectos: cálculo del VABS

Los VABS pueden ser múltiples, desde ahorro en costos de salud debido a un acceso oportuno a los sistemas primarios de atención (puestos y centros de salud), hasta la posibilidad de acceder a bienes y servicios que antes del proyecto estaban restringidos por la inaccesibilidad.

Debido a la difícil identificación y medición de los beneficios sociales, es recomendable destinar esfuerzos –recursos- para su estimación si y sólo si por el enfoque tradicional no pueden capturarse los beneficios directos del proyecto, es decir, no cumplen la condición de la existencia de actividades productivas con productos que sean comercializables [no sólo de autoconsumo]. A

fin de acotar el análisis, se recomienda identificar y valorar los efectos del proyecto en los componentes de salud y educación.

El proceso metodológico de identificación inicia con la caracterización de la población aledaña al camino –sin y con proyecto-, reconociendo si el estado del camino o su inexistencia representa una barrera, esto es costos sociales, para acceder a servicios de salud y educación. Los costos sociales que deben valorarse en el caso de la salud corresponden al tiempo de viaje empleado para asistir a la posta de salud, considerando que con el proyecto éste reduciría, y la reducción de días-cama en centros de salud o unidades de mayor complejidad debido al agravamiento de la condición de salud; que pudo evitarse levantando la restricción de movilidad impuesta por el estado/inexistencia del camino.

La valoración del tiempo puede aproximarse con la estimación del valor de un jornal para hombres y mujeres, independientemente si trabajan para sí mismos. Una aproximación similar puede usarse para la valoración del tiempo de los niños que son usados en actividades productivas en las parcelas de sus padres. La reducción de los días-camas podría estimarse con estadísticas de centros de salud en zonas testigos –situación similar al proyecto- sobre el número de días-cama promedio y el costo para el sistema de salud.

El efecto social en la educación también debe medir el tiempo de viaje y el ahorro de costo de viaje si lo hubiere.

La determinación de beneficios sociales del proyecto de camino requerirá invariablemente de información primaria, de ahí que el proceso de evaluación se convierta en un estudio de caso.

D. El Momento Óptimo y la priorización

Los proyectos de infraestructura vial tienen una característica peculiar en lo que concierne a su evaluación. Esta es que los beneficios esperados son crecientes en el tiempo. La explicación de esto es por lo demás simple: el tráfico crece a una tasa natural o inercial, por otras razones, que no son necesariamente debidas al proyecto; por ejemplo, el aumento de los flujos comerciales debido a un crecimiento generalizado de la economía del país.

No obstante la razón, esa característica permite obtener una medida de rentabilidad conocida como Tasa de Rentabilidad Instantánea (TRI), que consiste en comparar el beneficio neto del proyecto para un año cualquiera (t), con el costo de oportunidad de la inversión, si se invirtiera ese año. La expresión (15) resume lo dicho.

$$(15) TRI = \frac{BN_t}{I_t},$$

Ocurriendo que:

$$\begin{cases} \text{Si } TRI > r; \text{ debe invertirse;} \\ \text{Si } TRI < r; \text{ debe postergarse} \end{cases}$$

La utilidad de este indicador para una autoridad planificadora de las inversiones de infraestructura vial es enorme, dado que puede con éste tener un ordenamiento intertemporal priorizado de inversiones. Evidentemente, no es el único indicador, pero puede combinarse muy bien con otros como el IVAN, que mide la relación entre el VAN y la inversión (VAN/I). En un escenario de asignación multianual de recursos, merece la pena estimar la TRI. Cuando la asignación es anual, el ordenamiento de priorización puede hacerse con la TIR, de mayor a menor. El IVAN además de permitir priorizar, también permite maximizar los beneficios del uso de los recursos, al asignarlos a aquellos en los que cada dólar invertido rinde más.

Bibliografía

Leyes

1. Ley de Administración Financiera y del Régimen Presupuestario, Ley No. 550, República de Nicaragua
2. Ley General de Deuda Pública, Ley No. 477, República de Nicaragua
3. Ley de Igualdad de Derechos y Oportunidades, Ley No. 648, República de Nicaragua
4. Ley de Municipios, Ley No. 40 y su reforma Ley No. 786, República de Nicaragua

Documentos y Libros

1. Belli, P., Anderson J., Barnum, H., Dixon, J., and Tan, Jee-Peng, Economic analysis of investment operations. World Bank Institute.
2. Centro de Coordinación para la Prevención de los Desastres Naturales en América Central (CEPRENAC), 2010. Guía de evaluación económica de la inclusión de la variable riesgo de desastres en la inversión pública.
3. De Rus Mendoza, J., Betancor, O., y Campos, J., Evaluación económica de proyectos de transporte. Banco Interamericano de Desarrollo.
4. Dirección General de Inversiones Públicas, Ministerio de Hacienda y Crédito Público de Nicaragua, Precios Sociales de Nicaragua, www.snip.gob.ni
5. Dirección General de Programación Multianual del Sector Público, Ministerio de Economía y Finanzas, República del Perú, 2007. Compendio de Normatividad del Sistema Nacional de Inversión Pública.
6. Dirección General de Programación Multianual del Sector Público, Ministerio de Economía y Finanzas, República del Perú, 2007. Conceptos asociados a la gestión del riesgo de desastres en la planificación e inversión para el desarrollo.
7. Dirección General de Programación Multianual del Sector Público, Ministerio de Economía y Finanzas, República del Perú, 2007. Pautas metodológicas para la incorporación del análisis de riesgo a desastres en los Proyectos de Inversión Pública.
8. Ferrá, Coloma. Evaluación Socioeconómica de Proyectos, 2003. Universidad Nacional de Cuyo.
9. Fontaine, Ernesto. Evaluación Social de Proyectos, Décimo Tercera Edición, Pearson.
10. Harberger, A., Jenkins, Glen. Análisis de Costo-Beneficio de las decisiones de inversión, 2000. Harvard Institute for International Development.
11. Ortegón, E., Pacheco, J.F., Roura, H. Metodología general de identificación, preparación y evaluación de proyectos de inversión pública, 2005. Instituto Latinoamericano y del Caribe de Planificación Económica Social.
12. Pascual, Joan. La evaluación de políticas y proyectos, criterios de valoración económicos y sociales, 2003. Icaria Antrazyt, Universitat Autònoma de Barcelona.

Esta Metodología y su
reproducción ha sido Financiada por



**Banco Interamericano
de Desarrollo**